Phys Lab.
Oberlin College Library.
Not to be Drawn

PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 21. 1. November 1917. 18. Jahrgang.

Redaktionsschluß für No. 23 am 8. November 1917.

INHALT:

Originalmitteilungen:
F. Nölke, Über die bei heftigen Explosionen und beim Geschützdonner beobachteten Anomalien der Schallausbreitung. S. 501.
A. Korn, Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes. III. S. 504.
B. Beckman, Über den Einfluß von Druck auf die elektrische Leitfähigkeit der reinen Metalle nach einer Theorie von E. Grüneisen. II. S. 507.
C. Runge, Die Bestimmung eines Kristallsystems durch Röntgenstrahlen. S. 509.
L. Flamm, Die charakteristischen Maßzahlen für das Elektron in ihrer Verknüpfung mit den Strahlungskonstanten. S. 515.
Personalien. S. 521.
Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1917/18. S. 522.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die bei heftigen Explosionen und beim Geschützdonner beobachteten Anomalien der Schallausbreitung.

Von Fr. Nölke.

Die Ansichten der Physiker und Meteorologen über die Ursachen, die eine Fortführung der bei heftigen Detonationen entstehenden Schallwellen bis in sehr große Entfernungen von der Schallquelle bewirken, können in gewisser Weise bereits als geklärt gelten, da sich herausgestellt hat, daß die eigenartige von dem Bornesche Hypothese, nach welcher eine Umbiegung der Schallstrahlen in den unteren Grenzschichten einer die Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre überlagernden Wasserstoff-Atmosphäre erfolgt, nicht nur gewichtigen physikalischen Bedenken begegnet, sondern auch mit mehreren Beobachtungstatsachen im Widerspruch steht. Pflanzt sich der Schall nicht durch die oberen Gebiete der Atmosphäre fort, so bleibt, da eine Ausbreitung durch den Erdboden ebenfalls nicht in Frage kommt[1]), nur der Weg durch die unteren Atmosphärenschichten übrig. In diesem Falle liegen noch zwei Möglichkeiten vor: Entweder sind es die Wind- oder die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre, auf welche die Erklärung sich stützen muß.

Die Annahme, daß das eigenartige Phänomen auf Luftströmungen zurückzuführen sei[1]), hat viele Verteidiger gefunden; mathematisch ist sie von S. Fujiwhara[2]) und R. Emden[3]) begründet worden. Der Verf. hat in zwei früheren Aufsätzen[4]) nachzuweisen versucht, daß die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre die Hauptrolle spielen. Da, rein theoretisch betrachtet, beide Annahmen zu einer befriedigenden Erklärung der Erscheinung führen, so läßt sich nur auf Grund einer genauen Bestimmung der in der Atmosphäre vorliegenden wirklichen Verhältnisse entscheiden, welche von ihnen die zutreffende ist.

I.

Leider hat man bei der Beobachtung außerordentlicher Hörweiten des Schalles noch bis vor kurzem versäumt, gleichzeitig die meteorologischen Verhältnisse der Atmosphäre zu erforschen. Fujiwhara, der mehrere vulkanische Explosionskatastrophen behandelt, macht zwar die Bemerkung, daß der Schall sich vorwiegend in der Richtung ausgebreitet habe, in welcher die vulkanischen Aschen niedergefallen seien. In allen anderen Fällen größerer Explosionen, bei denen die Schallausbreitung eine wissenschaft-

1) Einer Fortleitung durch den Erdboden bis in sehr große Entfernungen widerstrebt die ungleiche Beschaffenheit der Materialien, welche die äußere Erdschicht aufbauen. Festen Verband aufweisende Gesteine werden zwar den Schall ziemlich weit leiten; sie kommen aber an der Erdoberfläche selten in größerer Ausdehnung vor, fast überall wechseln sie mit lockerem Material ab oder werden von ihm überlagert. Auch die Entstehung der Zone des Schweigens, die Abhängigkeit der Schallausbreitung von der Jahreszeit, die Unregelmäßigkeiten in der Begrenzung des Hörbereichs und andere Tatsachen würden durch die Annahme keine Erklärung finden.

1) Bei der Erklärung sind wieder drei Fälle zu unterscheiden:

1. Weht der Wind aus der Richtung der Schallquelle, so muß die Windgeschwindigkeit mit der Entfernung von der Erdoberfläche zunehmen (gewöhnliche Annahme).

2. Herrscht an der Erdoberfläche Windstille, so muß in größerer Höhe ein von der Schallquelle kommender Wind wehen.

3. Herrscht an der Erdoberfläche Gegenwind, so muß in größerer Höhe entweder die Geschwindigkeit des Windes abnehmen, oder Windstille vorliegen, oder ein entgegengesetzt gerichteter, von der Schallquelle kommender Wind wehen (Annahme von A. Perot; C. R. Nr. 11, 1916).

2) Bulletin of the Centr. Meteorol. Obs. of Japan, vol. II, 1, 1912.

3) Sitz.-Ber. der K. B. Akademie der Wissenschaften, math.-phys. Klasse; Heft 1, 1916.

4) Diese Zeitschr. **17**, 31, 1916 u. **17**, 283, 1916.

liche Untersuchung erfahren hat, fehlen jedoch genauere Angaben und würden sich auch nachträglich mit Hilfe des auf den meteorologischen Stationen des Hörbereichs erzielten täglichen Beobachtungsmaterials nur sehr unsicher und lückenhaft gewinnen lassen. Es ist daher außerordentlich zu begrüßen, daß E. van Everdingen in einer neueren Arbeit[1]) alle meteorologischen Daten, die bei der Ausbreitung des Geschützdonners an bestimmten Tagen in diesem Kriege vielleicht eine Rolle gespielt haben, zusammengestellt hat, soweit er ihrer habhaft werden konnte. Da die Arbeit den meisten Lesern nur schwer zugänglich sein dürfte, so sei es mir gestattet, die wichtigsten Angaben kurz zusammenzustellen. Van Everdingen bezieht sich auf die Beobachtungen, die auf drei holländischen Stationen, Helder, Flushing und Winterswijk, gemacht worden sind, und berücksichtigt außerdem die Stationen Hamburg, Lindenberg und Friedrichshafen. Im ganzen sind von ihm acht Fälle untersucht worden:

1. 8. Oktober 1914. Bombardement von Antwerpen. Von der Strato-Cumulus-Schicht (2000 m) bis zur Höhe der Cirri (10,000 m) ist keine Zunahme des Windes festzustellen, besonders keines SW-Windes. Bis zu 2000 m Höhe wird keine S-Komponente angetroffen und westliche Winde von einiger Bedeutung treten erst bei Helder auf. Die in Flushing beobachtete Bewegung der Cirri steht senkrecht auf der Hauptfortschreitungsrichtung der Schallstrahlen[2]). Hiernach kann die Hörbarkeit des Geschützdonners in großen Entfernungen nicht dem Winde zugeschrieben werden.

Eine kräftige Inversion in 2500 bis 3000 m Höhe, bei der die Temperatur von 3,8° bis auf 10,8° steigt, wird in Soesterberg beobachtet.

2. 17. Oktober. Seegefecht in der Nordsee. Der Wind nimmt von der Erdoberfläche (NO) bis zur Cirrusschicht (S-Wind) zu. Die Bewegung der Cirri aus Süden ist nicht geeignet, Schallstrahlen aus westlicher Richtung nach unten zu biegen.

3. 18. Oktober. Erste Beschießung deutscher Stellungen an der Yser durch englische Schiffsgeschütze. An der Erdoberfläche weht NO-Wind, der bis zur Höhe der Alto-Cumulus-Schicht (3000 m) an Stärke zunimmt. Dadurch wird die Hörbarkeit des Schalles in NO-Richtung entschieden ungünstig beeinflußt. Der bei wahrscheinlich sehr hohen Alto-Cumulus-Wolken beobachtete OSO-Wind hat auf die Schallbewegung in NO-Richtung keinen Einfluß.

4. 22. Oktober. Schwere Kämpfe in der Linie Ostende-Nieuport-Ypern. SO-Wind an der Erdoberfläche geht in kräftigen S-Wind über, der bis zur Alto-Cumulus-Schicht zunimmt; bis zur Cirrus-Schicht ändert sich dann die Windgeschwindigkeit nur wenig. Die Schallausbreitung in weit entfernte Gebiete wird daher durch den Wind nicht begünstigt.

5. 24. Oktober. Schwere Kämpfe an der Yser. O-Wind über Seeland geht in der Höhe in eine kräftige südliche Strömung über. Die Winde an der Erdoberfläche und in den unteren Schichten der Atmosphäre sind daher der Ausbreitung des Schalles über Holland nicht günstig.

6. 28. Oktober. Schwere Artilleriekämpfe in Flandern. Schon in geringer Höhe über der Erdoberfläche weht SW-Wind, dessen Stärke ein wenig zunimmt. Die Möglichkeit, daß eine Zunahme des Windes gegen die Cirrus-Schicht eine gewisse Rolle spielt, kann nicht geleugnet werden.

7. 1. November. Deutscher Angriff auf Ypern. Der Wind nimmt schnell nach oben hin zu, aber in SO-Richtung, also senkrecht zu der Richtung vom Schlachtfelde nach Holland. In dieser Richtung ist daher kein Einfluß des Windes zu erwarten. Aber vielleicht stammt der gehörte Geschützdonner aus mehr südlichen Gebieten, z. B. den Argonnen.

8. 24. Januar 1915. Seeschlacht in der Nordsee, endigend mit dem Untergange des Blücher. Aus Holland liegen keine meteorologischen Beobachtungen vor. Es ist jedoch möglich, daß eine nördliche Komponente des Windes bei der Fortführung des Schalles mitwirkt. —

Aus den kritischen Bemerkungen, die van Everdingen seinen Angaben anschließt, geht deutlich hervor, daß die Windverhältnisse in den acht beobachteten Fällen im allgemeinen der Schallausbreitung über Holland nicht günstig waren.

Abgesehen von dem ersten Falle, liegen aus Holland über Inversionen keine Beobachtungen vor. Auf den deutschen Stationen wurden zwar an allen acht Beobachtungstagen Inversionen festgestellt, meistens sogar zwei oder noch mehr übereinander; der Temperatursprung war aber in den meisten Fällen kleiner als 5°. Daher glaubt van Everdingen den Inversionen ebenfalls keine wesentliche Rolle bei der Schallausbreitung zuweisen zu können und die große Erstreckung des Hörbereichs durch die von dem

1) The propagation of sound in the atmosphere; Koninkl. Akad. van Wetenschappen te Amsterdam; Proceedings, No. 6; vol. XVIII.

2) Ein senkrecht zum Schallstrahl wehender Wind hat keinen Einfluß auf die Richtung des Strahles. Wie sich aus zahlreichen Beobachtungen ergibt, erfolgt eine merkliche Verstärkung der Schallintensität nur in dem in der Windrichtung liegenden, durch den Schallstrahl halbierten vorderen Quadranten (vgl. Winkelmanns Handbuch der Physik, Bd. Akustik).

Bornesche Hypothese erklären zu müssen. Da diese Hypothese jedoch zweifellos nur sehr geringen Anspruch auf Glaubwürdigkeit besitzt, so betrachten wir unsererseits die Tatsache, daß stets Inversionen vorhanden waren, als hinreichenden Grund für die Richtigkeit der Annahme, daß die weite Fortleitung der Schallwellen auf ihre Zurückbiegung an und in diesen Inversionsschichten zurückzuführen sei. Die Schwäche vieler der beobachteten Inversionen liefert keinen Einwand gegen unsere Annahme. Bei der kräftigen Beugung, welche die Schallstrahlen erleiden (vgl. unsere beiden früheren Abhandlungen a. a. O.), sind stets Strahlen vorhanden, die unter so kleinen Winkeln die Inversionsschichten treffen, daß sie zur Umkehr gezwungen werden. Die Gesamtintensität der zur Erdoberfläche zurückkehrenden Strahlen ist allerdings umso geringer, je schwächer die Inversionen sind; aber van Everdingen selbst bestätigt diese Folgerung durch die Angabe, daß in den hierher gehörenden Fällen in größerer Entfernung von der Schallquelle die Schallstärke nicht die bei der Belagerung Antwerpens beobachtete, die durch eine sehr kräftige Inversion veranlaßt wurde, erreichte.

II.

Die wirklich beobachteten Verhältnisse sind in den acht angegebenen Fällen hiernach der Inversionshypothese günstiger als der Luftströmungshypothese. Es gibt jedoch noch zwei andere Gesichtspunkte, die ein Urteil darüber zulassen, welche von den beiden Hypothesen den Vorzug verdient.

1. Es hat sich eine deutliche Abhängigkeit der Schallausbreitung von der Jahreszeit ergeben. In erster Linie ist die kühle Jahreszeit der Erscheinung günstig. Im Sommer hat man vielerorts nichts wahrnehmen können, wo im Winter deutlich Kanonendonner zu hören war. Nun ist es offenbar völlig ausgeschlossen, daß die Windverhältnisse im Sommer der Ausbreitung des Schalles weniger günstig sein könnten als im Winter; in allen Jahreszeiten wechseln die Winde in den niederen und höheren Luftschichten in jeder möglichen Weise. Im Gegensatze hierzu sind aber Inversionen im Winter viel häufiger und ausgeprägter als im Sommer. Die Abhängigkeit der Schallausbreitung von der Jahreszeit gibt daher einen deutlichen Hinweis, welcher Annahme die größere Wahrscheinlichkeit zukommt.

Man hat den Unterschied auch dadurch erklären wollen, daß die Atmosphäre im Sommer akustisch trüber (vgl. hierüber die erste unserer früheren Abhandlungen a. a. O.) sei als im Winter. Dies ist zwar nicht zu bestreiten, soweit es sich um die Tageszeit handelt. Während der Nacht sind aber die atmosphärischen Verhältnisse auch im Sommer ziemlich gleichmäßig und kaum von denen des Winters verschieden. Im Sommer müßte also die Nachtzeit der Ausbreitung des Schalles ebenso günstig sein wie die Zeit des Winters, was aber der Beobachtung widerspricht.

Ebensowenig führt die Annahme zum Ziele, daß, weil im Sommer wegen des stärkeren Temperaturabfalls mit der Höhe die Schallstrahlen sich kräftiger aufwärts krümmen als im Winter, ihre Zurückbiegung nach der Erdoberfläche weniger wahrscheinlich sei; denn schon eine verhältnismäßig geringe Windzunahme mit der Höhe würde genügen, diese Wirkung der Temperaturabnahme zu kompensieren. Nach einer Rechnung Emdens (a. a. O.) liefert bei dem starken Temperaturgradienten von $0{,}85^0$ auf 100 m bereits eine Windzunahme von 5 m/sec auf 1000 m Höhendifferenz einen geradlinigen Strahl, und selbst der größte bei stabilem Gleichgewichtszustande der Atmosphäre mögliche, d. i. der adiabatische Temperaturgradient, der ziemlich genau 1^0 auf 100 m Höhendifferenz beträgt, würde bei einer Windzunahme von 6 m/sec auf den Kilometer keine Aufwärtskrümmung der Schallstrahlen mehr bewirken.

2. In manchen Fällen, wo das Hörbarkeitsgebiet durch eine Zone des Schweigens in zwei mehr oder weniger deutlich getrennte Teile geteilt wird, fand sich, daß die Zonengrenzen eine gewisse unveränderliche Lage hatten. Wenn die Gleichungen der Schallstrahlkurven gefunden sind, ist es nun nicht schwer, Zahlenwerte so zu wählen, daß die mit ihrer Hilfe aus den Gleichungen sich ergebenden Entfernungen der Zonengrenzen von der Schallquelle mit den beobachteten Werten übereinstimmen. Emden gibt a. a. O. ein Beispiel dafür. Aber schon kleine Änderungen der angenommenen Zahlenwerte führen zu ganz anderen Endwerten. Wenn bei einer Steigerung der Windgeschwindigkeit um 4 m/sec auf 1000 m Höhendifferenz nach Emdens Rechnung die äußere Zone der Hörbarkeit in 161 km Entfernung von der Schallquelle beginnt, so würde sie in einem andern Falle bei der nicht minder wahrscheinlichen Steigerung von 8 m/sec auf 1 km Höhendifferenz bereits in ungefähr der halben Entfernung ihren Anfang nehmen. — Wenn Inversionen die Zurückbiegung der Schallstrahlen bewirken, so sind die Grenzverschiebungen weniger beträchtlich. Die kräftigen Inversionen des Winters herrschen in bestimmten Höhen vor; sie reichen im allgemeinen nicht über 3000 m hinaus. Liegen sie unter 1500 m, so dürfte eine Zone

des Schweigens überhaupt nicht zur Ausbildung kommen, weil zahlreiche zurückgeworfene Strahlen bereits in Gebiete der Erdoberfläche, wohin auch noch direkte Strahlen gelangen, zurückkommen. Beginnt bei Inversionen in 1500 bis 3000 m Höhe eine Zone des Schweigens sich mehr oder weniger deutlich auszuprägen, so weichen aber die von der Schallquelle gemessenen Entfernungen ihrer Grenzen, da die Höhe der Inversion, ähnlich wie bei der Berechnung der Sichtweite die Entfernung des Beobachters von der Erdoberfläche, nur mit der Quadratwurzel in die Rechnung eingeht, nicht sehr beträchtlich von einem mittleren Werte ab.

Die Annahme, daß bei der Fortleitung des Schalles bis in große Entfernungen von der Schallquelle die Temperaturverhältnisse der Atmosphäre die Hauptrolle spielen, scheint nach allem Gesagten in den meisten Fällen das Richtige zu treffen. Gelegentlich werden aber auch die Windverhältnisse ausschlaggebend sein, besonders im Sommer, wo die Inversionen nur selten scharf ausgeprägt sind. Eigentümlichkeiten der Lage, Form und Größe des Hörbarkeitsbereichs finden leicht dadurch eine Erklärung, daß die Inversionsschicht örtlich begrenzt ist und, ähnlich wie ein das auf ihn fallende Licht reflektierender Spiegel eine Fläche erhellt, deren Größe und Gestalt von seiner eigenen Form, Lage und Größe abhängt, nur einem begrenzten Teile der Erdoberfläche Schallstrahlen zurücksendet. Zu beachten ist jedoch, daß auch in dem Falle, wo sich die Inversionsschicht über das ganze die Schallquelle rings umgebende Gebiet erstreckt, und daher bei Windstille eine ziemlich symmetrische, die Schallquelle kreisförmig umschließende Gestalt des Hörbarkeitsgebietes zu erwarten wäre, ein Wind beträchtliche Störungen hervorzurufen vermag, die darin bestehen, daß sich der auf der Leeseite liegende Teil des Gebietes beträchtlich vergrößert, der auf der Luvseite liegende verkleinert. Ein sicheres Urteil über die Anwendbarkeit der einen oder der anderen oder auch beider Hypothesen läßt sich in allen Fällen nur dann gewinnen, wenn möglichst vollständige Beobachtungen der Strömungs- und der Temperaturverhältnisse der Atmosphäre in dem ganzen die Schallquelle umgebenden Gebiete vorliegen.

Bremen.

(Eingegangen 6. September 1917.)

Mechanische Theorien des elektromagnetischen Feldes.

Von A. Korn.

III.

Transformation der Gleichungen des elektromagnetischen Feldes. Einige fundamentale Unterschiede von den Gleichungen der Lorentzschen Theorie.

Bei der Annahme mechanischer Geschwindigkeiten u, v, w von der Form:

$$\left.\begin{aligned} \mu u &= \mu_0\left\{u_0 + u_1 \cos\frac{t}{T}2\pi + u_2 \sin\frac{t}{T}2\pi\right\}, \\ \mu v &= \mu_0\left\{v_0 + v_1 \cos\frac{t}{T}2\pi + v_2 \sin\frac{t}{T}2\pi\right\}, \\ \mu w &= \mu_0\left\{w_0 + w_1 \cos\frac{t}{T}2\pi + w_2 \sin\frac{t}{T}2\pi\right\} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

(μ Dichte, μ_0 sehr kleine konstante Dichte, T sehr kleine Zeitdauer) haben wir aus dem mechanischen Grundprinzip (Abh. I[1]) unter Voraussetzung des „universellen Dralles" (Abh. II[2]) für u_1, v_1, w_1; $u_2, v_2\ w_2$ die Differentialgleichungen erhalten:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial w_2}{\partial y} - \frac{\partial v_2}{\partial z} &= \frac{1}{c}\left\{\frac{\bar{d} u_1}{dt} - \frac{\partial u_0}{\partial x}u_1 - \frac{\partial u_0}{\partial y}v_1 - \frac{\partial u_0}{\partial z}w_1\right\} + \frac{1}{c}u_0\theta_1 \text{ [3]}), \ldots \\ \frac{\partial w_1}{\partial y} - \frac{\partial v_1}{\partial z} &= -\frac{1}{c}\left\{\frac{\bar{d} u_2}{dt} - \frac{\partial u_0}{\partial x}u_2 - \frac{\partial u_0}{\partial y}v_2 - \frac{\partial u_0}{\partial z}w_2\right\}, \ldots \\ \frac{\bar{d}\theta_1}{dt} &= 0, \quad \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} + \frac{\partial w_2}{\partial z} = 0, \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

wobei c eine sehr große konstante Geschwindigkeit (die Lichtgeschwindigkeit in reinem Äther) ist,

$$\theta_1 = \frac{\partial u_1}{\partial x} + \frac{\partial v_1}{\partial y} + \frac{\partial w_1}{\partial z}$$

gesetzt wird, und das Zeichen $\frac{\bar{d}}{dt}$ die Operation:

$$\frac{\bar{d} f(x,y,z,t)}{dt} = \frac{\partial f}{\partial t} + \frac{\partial f}{\partial x}u_0 + \frac{\partial f}{\partial y}v_0 + \frac{\partial f}{\partial z}w_0$$

bedeutet.

Indem wir

$$\left.\begin{aligned} u_2 &= \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial z}, \\ v_2 &= \frac{\partial U}{\partial z} - \frac{\partial W}{\partial x}, \\ w_2 &= \frac{\partial V}{\partial x} - \frac{\partial U}{\partial y} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

1) Diese Zeitschr. 18, 323, 1917.
2) Diese Zeitschr. 18, 341, 1917.
3) θ_1 ist für jedes Elektron eine ganz bestimmte (positive oder negative) Konstante.

setzen, können wir das zweite Tripel der Gleichungen (2) durch die drei folgenden Gleichungen ersetzen:

$$u_1 = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} - \frac{1}{c}\left\{\frac{\bar{d}U}{dt} - u_0\frac{\partial U}{\partial x} - v_0\frac{\partial V}{\partial x} - w_0\frac{\partial W}{\partial x}\right\}, \ldots, \tag{4}$$

unter vorläufigem Ausschluß von sichtbaren Kontraktionen und Dilatationen, also bei der Voraussetzung:

$$\frac{\partial u_0}{\partial x} + \frac{\partial v_0}{\partial y} + \frac{\partial w_0}{\partial z} = 0,$$

wobei

$$\varphi,\ U,\ V,\ W$$

drei mit ihren ersten Ableitungen stetige Funktionen vorstellen sollen.

Indem wir die Gleichungen (4) bzw. nach x, y, z differenzieren und addieren, ergibt sich:

$$\theta_1 = -\Delta\varphi - \frac{1}{c}\frac{\bar{d}}{dt}\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}\right) + \frac{1}{c}\left(u_0\Delta U + v_0\Delta V + w_0\Delta W\right) + \frac{1}{c}\left(u_2\left\{\frac{\partial w_0}{\partial y} - \frac{\partial v_0}{\partial z}\right\} + \cdots\right),$$

oder wenn wir

$$\psi = \varphi - \frac{1}{c}\left(u_0 U + v_0 V + w_0 W\right) \tag{5}$$

setzen:

$$\theta_1 = -\Delta\psi - \frac{1}{c}\frac{\bar{d}}{dt}\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}\right) + F', \tag{6}$$

wo

$$F' = -\frac{2}{c}\left\{\frac{\partial u_0}{\partial x}\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial x}\right)\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_0}{\partial z} + \frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{\partial U}{\partial z} + \cdots + \frac{1}{2}\Delta u_0 \cdot U + \cdots\right\} \tag{6'}$$

eine Größe ist, die z. B. für Medien mit sichtbar starrer Bewegung fortfällt.

Wenn wir der letzten der Gleichungen (2) durch die Substitution (3) genügen, bleibt uns noch eine willkürliche Festsetzung über

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}$$

frei; indem wir

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{\bar{d}\psi}{dt} \tag{7}$$

wählen, geht (6) in

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\bar{d}^2\psi}{dt^2} = -\theta_1 + F' \tag{8}$$

über.

Das erste Tripel der Gleichungen (2) nimmt durch die Substitutionen (3) und (4) die folgende Gestalt an:

$$\begin{aligned}
\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z}\right) - \Delta U = &-\frac{1}{c}\frac{\bar{d}}{dt}\left\{\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{1}{c}\left(\frac{\bar{d}U}{dt} - u_0\frac{\partial U}{\partial x} - v_0\frac{\partial V}{\partial x} - w_0\frac{\partial W}{\partial x}\right)\right\} + \frac{1}{c}u_0\theta_1 \\
&+ \frac{1}{c}\frac{\partial u_0}{\partial x}\left\{\frac{\partial \varphi}{\partial x} + \frac{1}{c}\left(\frac{\bar{d}U}{dt} - u_0\frac{\partial U}{\partial x} - v_0\frac{\partial V}{\partial x} - w_0\frac{\partial W}{\partial x}\right)\right\} \\
&+ \frac{1}{c}\frac{\partial u_0}{\partial y}\left\{\frac{\partial \varphi}{\partial y} + \frac{1}{c}\left(\frac{\bar{d}V}{dt} - u_0\frac{\partial U}{\partial y} - v_0\frac{\partial V}{\partial y} - w_0\frac{\partial W}{\partial y}\right)\right\} \\
&+ \frac{1}{c}\frac{\partial u_0}{\partial z}\left\{\frac{\partial \varphi}{\partial z} + \frac{1}{c}\left(\frac{\bar{d}W}{dt} - u_0\frac{\partial U}{\partial z} - v_0\frac{\partial V}{\partial z} - w_0\frac{\partial W}{\partial z}\right)\right\}, \ldots,
\end{aligned}$$

oder mit Rücksicht auf (7):

$$\begin{aligned}
\Delta U = &-\frac{1}{c}u_0\theta_1 + \frac{1}{c^2}\frac{\partial}{\partial x}\frac{\bar{d}}{dt}\left(u_0 U + v_0 V + w_0 W\right) - \frac{1}{c^2}\frac{\bar{d}}{dt}\left(u_0\frac{\partial U}{\partial x} + v_0\frac{\partial V}{\partial x} + w_0\frac{\partial W}{\partial x}\right) \\
&+ \frac{1}{c^2}\frac{\bar{d}^2 U}{dt^2} - \frac{1}{c^2}\left(\frac{\partial u_0}{\partial x}\frac{\bar{d}U}{dt} + \frac{\partial u_0}{\partial y}\frac{\bar{d}V}{dt} + \frac{\partial u_0}{\partial z}\frac{\bar{d}W}{dt}\right) \\
&+ \frac{1}{c^2}\left\{u_0\left(\frac{\partial u_0}{\partial x}\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial u_0}{\partial y}\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial u_0}{\partial z}\frac{\partial U}{\partial z}\right) + \cdots\right\}, \ldots
\end{aligned}$$

oder:

$$\Delta U - \frac{1}{c^2}\frac{\bar{d}^2 U}{dt^2} = -\frac{1}{c}u_0\theta_1 + \frac{1}{c^2}\left\{\left(\frac{\partial v_0}{\partial x} - \frac{\partial u_0}{\partial y}\right)\frac{\bar{d}V}{dt} - \left(\frac{\partial u_0}{\partial z} - \frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{\bar{d}W}{dt}\right\} + G_x' + H_x', \ldots, \tag{9}$$

wo

$$G_x' = \frac{1}{c^2}\left(U\frac{\partial}{\partial x}\frac{\bar{d}u_0}{dt} + V\frac{\partial}{\partial x}\frac{\bar{d}v_0}{dt} + W\frac{\partial}{\partial x}\frac{\bar{d}w_0}{dt}\right), \ldots \tag{10}$$

$$H_x' = \frac{2}{c^2}\left[u_0\left\{\frac{\partial u_0}{\partial x}\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_0}{\partial y} + \frac{\partial v_0}{\partial x}\right)\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_0}{\partial z} + \frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{\partial U}{\partial z}\right\} + \cdots\right], \ldots \tag{11}$$

In allen Fällen, in denen die Größen F', G_x', .. H_x', .. sehr klein sind, — und wir werden sehen, daß dies gerade in den wichtigsten Fällen stattfinden wird, — ergibt sich somit das folgende Resultat:

Durch die Substitutionen:

$$u_1 = -\frac{\partial \psi}{\partial x} - \frac{1}{c}\left\{\frac{dU}{dt} + \frac{\partial u_0}{\partial x}U + \frac{\partial v_0}{\partial x}V + \frac{\partial w_0}{\partial x}W\right\}, \ldots \qquad \text{(I)}$$

$$u_2 = \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial z}, \ldots \qquad \text{(II)}$$[1]

gehen die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes (2) in die folgenden über:

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{d^2\psi}{dt^2} = -\theta_1, \qquad \text{(III)}$$

$$\Delta U - \frac{1}{c^2}\frac{d^2U}{dt^2} = -\frac{1}{c}u_0\,\theta_1 \qquad \text{(IV)}$$

$$+\frac{1}{c^2}\left\{\left(\frac{\partial v_0}{\partial x} - \frac{\partial u_0}{\partial y}\right)\frac{dV}{dt} - \left(\frac{\partial u_0}{\partial z} - \frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{dW}{dt}\right\}, \ldots$$

wobei ψ, U, V, W mit ihren ersten Ableitungen stetige Funktionen sein sollen, θ_1 eine für jedes Elektron bestimmte (positive oder negative) Konstante.

Der formale Unterschied von den Lorentzschen Gleichungen besteht zunächst in dem durchgängigen Auftreten der Operation $\frac{d}{dt}$ an Stelle der partiellen Differentiation $\frac{\partial}{\partial t}$, ferner aber noch darin, daß in der Gleichungsgruppe (I) rechts die Glieder

$$-\frac{1}{c}\left\{\frac{\partial u_0}{\partial x}U + \frac{\partial v_0}{\partial x}V + \frac{\partial w_0}{\partial x}W\right\}, \ldots,$$

in der Gleichungsgruppe (IV) rechts die Glieder

$$\frac{1}{c^2}\left\{\left(\frac{\partial v_0}{\partial x} - \frac{\partial u_0}{\partial y}\right)\frac{dV}{dt} - \left(\frac{\partial u_0}{\partial z} - \frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{dW}{dt}\right\}, \ldots$$

hinzutreten.

Ein weiterer formaler Unterschied wird — wie wir in der folgenden und den späteren Abhandlungen sehen werden, — in den Ausdrücken für die sogenannten ponderomotorischen Kräfte hinzukommen. Diese formalen Unterschiede bedeuten im wesentlichen ein Zurückgehen von den Lorentzschen Gleichungen zu denen von Maxwell-Hertz, unter Vermeidung einiger der Maxwell-Hertzschen Theorie anhaftenden Schwierigkeiten.

1) Unter Hinzunahme der Bedingung:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{d\psi}{dt}. \qquad \text{(II')}$$

Was den Unterschied in der Anschaulichkeit anbelangt, so wollen wir hier gar nicht erst nachdrücklich darauf hinweisen, daß durch die vorliegende Theorie ein mechanisches Bild des elektromagnetischen Feldes gewonnen wird, sondern hier den Nachdruck darauf legen, daß gerade durch das Auftreten der sichtbaren Geschwindigkeitskomponenten u_0 v_0 w_0 nicht bloß in den Elektronen, sondern auch in dem Außenmedium eine der größten Schwierigkeiten der Lorentzschen Theorie beseitigt wird, die Schwierigkeit, welche wohl formal durch die Einstein-Minkowskische Relativitätstheorie vermindert erscheint, in dieser Theorie aber für die Anschauung in erhöhtem Maße bestehen bleibt.

Wenn wir die Dimensionen eines sich mit irgendeiner translatorischen Geschwindigkeit bewegenden Elektrons als sehr klein ansehen, so werden selbstverständlich die sichtbaren Geschwindigkeiten u_0 v_0 w_0 im Außenmedium, welche durch die translatorische Bewegung des Elektrons verursacht werden, sehr rasch mit dem Abstande vom Elektron abnehmen, und in einer gewissen Entfernung, die vielleicht schon sehr klein angenommen werden darf, wird es erlaubt sein, in einem sonst ruhenden (d. h. durch keine andere Ursache in sichtbare Bewegung versetzten) Außenmedium die Gleichungen des elektromagnetischen Feldes (III) und (IV) in der der Lorentzschen entsprechenden Form:

$$\Delta\psi - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = -\theta_1, \qquad \text{(III)}$$

$$\Delta U - \frac{1}{c^2}\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = 0 \ldots \qquad \text{(IV)}$$

zu schreiben, analog die Gleichungen (I) und (II) in der Form:

$$u_1 = -\frac{\partial\psi}{\partial x} - \frac{1}{c}\frac{\partial U}{\partial t}, \ldots, \qquad \text{(I)}$$

$$u_2 = \frac{\partial W}{\partial y} - \frac{\partial V}{\partial z}, \ldots, \qquad \text{(II)}$$

bei der Bedingung:

$$\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} + \frac{\partial W}{\partial z} = -\frac{1}{c}\frac{\partial\psi}{\partial t}. \qquad \text{(II')}$$

In den Elektronen selbst aber sind die ursprünglichen Gleichungen (I)—(IV) mit den Operationszeichen $\frac{d}{dt}$ beizubehalten, und hierin liegt der wesentliche Unterschied in der formalen Grundlage. Ein weiterer Unterschied ist noch darin zu sehen, daß von den Oberflächen der Elektronen abklingend eine Zwischenschicht anzunehmen ist, in welcher die translatorischen Geschwindigkeiten des Elektrons stetig in Null übergehen; in Wahrheit wird theoretisch die Null erst in unendlicher Ferne erreicht; mit

Rücksicht auf die kleinen Dimensionen der Elektronen sind aber die Werte schon in sehr kleinen Abständen von den Elektronen so klein, daß sie nicht mehr berücksichtigt werden brauchen und daher von einer dünnen Übergangsschicht gesprochen werden kann.

Die geringe, von der Anschauung durchaus geforderte Komplikation, welche der Theorie keinerlei unüberwindliche Schwierigkeit entgegensetzt, mag man, wie es vorläufig hier geschieht, mit einem Außenmedium rechnen, das auch für die sichtbaren Geschwindigkeitskomponenten u_0, v_0, w_0 inkompressibel ist, oder mag man für das Verhalten gegenüber den sichtbaren Geschwindigkeiten andere Voraussetzungen zugrunde legen, wird in der Optik die Möglichkeit ergeben, die Fizeauschen Experimente bezüglich der Mitführung von Licht in bewegten Medien und die Morley-Michelsonschen Experimente bezüglich der Fortführung des Lichtes auf der bewegten Erde in ein und derselben Theorie zu vereinen, ohne zu so komplizierten Hilfsmitteln, wie der Einstein-Minkowskischen Relativitätstheorie, zu greifen.

Eine kurze Bemerkung möge bei dieser Darlegung der wichtigsten Abweichungen von der Lorentzschen Theorie bereits an dieser Stelle bezüglich der Zusatzglieder

$$\frac{1}{c^2}\left\{\left(\frac{\partial v_0}{\partial x}-\frac{\partial u_0}{\partial y}\right)\frac{d\overline{V}}{dt}-\left(\frac{\partial u_0}{\partial z}-\frac{\partial w_0}{\partial x}\right)\frac{\overline{d}W}{dt}\right\},\ldots$$

in den Gleichungen (IV) Platz finden: Dieses Glied wird auch von der Maxwellschen Theorie gefordert und ist bereits intuitiv von Faraday bei seinen Bestrebungen erkannt worden, ein Phänomen von der Art des Zeemanschen Phänomens aufzudecken; unter Hinzunahme der Voraussetzung, daß magnetische Teilchen um ihre magnetischen Achsen rasche mechanische Rotationen ausführen. In dieser Richtung wird sich meine Theorie in guter Übereinstimmung mit den Ideen von Faraday und Maxwell befinden.

(Eingegangen 11. September 1917.)

Über den Einfluß von Druck auf die elektrische Leitfähigkeit der reinen Metalle nach einer Theorie von E. Grüneisen. II.

Von Bengt Beckman.

E. Grüneisen[1]) hat für die Veränderung der elektrischen Leitfähigkeit bei allseitigem Druck folgende Relation aufgestellt:

$$a=\frac{1}{\sigma}\left(\frac{\partial\sigma}{\partial p}\right)_T=-\frac{1}{u}\left(\frac{\partial u}{\partial p}\right)_s+\frac{1}{N}\left(\frac{\partial N}{\partial p}\right)_s$$
$$-\varkappa_s+\frac{1}{C_p}\frac{\partial v}{\partial T}\left(1+\alpha_T T\right); \qquad (1)$$

σ ist die elektrische Leitfähigkeit, a der Druckkoeffizient, u die Geschwindigkeit der Elektronen, N die Elektronenkonzentration, $\varkappa_s$ die adiabatische Kompressibilität, $\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial T}$ der Volumenausdehnungskoeffizient, C_p die Atomwärme, w der Widerstand, $\alpha_T=\frac{1}{w}\frac{\partial w}{\partial T}$ der Temperaturkoeffizient des Widerstands bei der absoluten Temperatur T, v das Atomvolumen. Das erste Glied der rechten Seite, $-\frac{1}{u}\frac{\partial u}{\partial p}$, das unbekannt ist, wird von Grüneisen vernachlässigt, das zweite wird aus den Beobachtungen von E. Wagner[1]) genommen.

In einer früheren Arbeit[2]) habe ich die Relation an zwölf verschiedenen Metallen geprüft. Das Resultat war folgendes:

Die Grüneisensche Beziehung gibt bei den Metallen, Wismut und Quecksilber ausgenommen, die richtige Größenordnung des Druckkoeffizienten. Mit Ausnahme von Gold, Silber, Aluminium und Kupfer, für welche sie streng gilt, ist die Beziehung als eine erste Annäherung zu betrachten.

Im Jahre 1916 habe ich den Druckkoeffizienten bei vier weiteren Metallen gemessen, bei Thallium, Tantal, Molybdän und Wolfram. Durch die Freundlichkeit des Herrn Dr. G. P. L. Philips habe ich reines Molybdän und Wolfram von N. V. Philips Gloeilampenfabriken in Eindhoven bekommen. Reines Thallium und Tantal habe ich von C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof erhalten. Die Messungen des Druckkoeffizienten sind in derselben Weise ausgeführt wie bei meinen früheren Arbeiten[3]). Das Resultat geht aus den Tabellen I—IV hervor. Die Druckeinheit ist 1 Atm. Die Widerstandsänderung wird durch

$$D=\lg\text{nat}\,\frac{w_1}{w_p} \qquad (2)$$

repräsentiert.

(w_1 = Widerstand bei $p=1$, w_p bei p Atm.)

Für D gilt

$$D=a'p+b'p^2, \qquad (3)$$

wo a' b' zwei Konstanten sind; $b'p^2$ ist nur ein Korrektionsglied. Unter Annahme von isotropem Material ist

---

1) E. Grüneisen, Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 186, 1913.

1) E. Wagner, Ann. d. Phys. (4) **27**, 955, 1908.
2) B. Beckman, diese Zeitschr. **16**, 59, 1915.
3) B. Beckman, Upsala Univ. Årsskrift, 1911. Ark. f. Mat., Astr. och Fys. Bd. 7, Nr. 42, 1912.

$$a = a' + \frac{1}{3}\varkappa \qquad (4)$$

Die Messungen gelten bei 0^0 C.

Tabelle I.

Thallium von C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof.

p	D	D/p beob.	D/p ber.
628	$84,6 \cdot 10^{-4}$	$134,7 \cdot 10^{-7}$	132,6
788	105,6	133,9	133,0
862	114,6	132,9	133,3
906	120,0	132,4	133,3
942	126,0	133,7	133,5
984	130,2	132,3	133,5
1102	147,0	133,4	133,8
1164	156,1	134,1	134,0
1189	159,7	134,3	134,0
1198	161,0	134,3	134,0
1296	174,6	134,7	134,3

$a' = 131,1 \cdot 10^{-7}$; $b' = 2,45 \cdot 10^{-10}$.

Tabelle II.

Tantal von C. A. F. Kahlbaum, Berlin-Adlershof.

p	D	D/p beob.	D/p ber.
700	$12,04 \cdot 10^{-4}$	$17,20 \cdot 10^{-7}$	$17,21 \cdot 10^{-7}$
846	14,41	17,03	17,13
910	15,63	17,17	17,10
1099	18,76	17,06	17,00
1243	20,78	16,72	16,92
1384	23,30	16,84	16,85
1586	26,62	16,78	16,74
1663	28,16	16,93	16,71
1672	28,00	16,76	16,70
1800	29,56	16,43	16,63
1890	31,38	16,60	16,59

$a' = 17,57 \cdot 10^{-7}$; $b' = -5,2 \cdot 10^{-11}$.

Tabelle III.

Molybdän, von N. V. Philips Gloeilampenfabriken Eindhoven.

p	D	D/p beob.	D/p ber.
676	$9,55 \cdot 10^{-4}$	$14,15 \cdot 10^{-7}$	$13,95 \cdot 10^{-7}$
806	11,40	14,15	13,85
999	13,45	13,45	13,65
1138	15,25	13,40	13,55
1415	18,85	13,30	13,30
1535	20,00	13,00	13,20
1624	21,00	12,90	13,10
1653	21,90	13,25	13,10
1705	22,20	13,05	13,05
1787	23,65	13,25	12,95
1824	23,70	13,00	12,95
1855	24,35	13,15	12,90
1905	25,15	13,20	12,65

$a' = 14,60 \cdot 10^{-7}$; $b' = -9,0 \cdot 10^{-11}$.

Tabelle IV.

Wolfram von N. V. Philips Gloeilampenfabriken, Eindhoven.

p	D	D/p
717	$11,15 \cdot 10^{-4}$	$15,55 \cdot 10^{-7}$
821	13,25	16,10
924	14,5	15,70
984	15,55	15,80
1054	16,90	16,05
1241	19,30	15,55
1444	22,80	15,80
1526	23,35	15,30
1573	24,25	15,40
1619	25,90	16,00
1679	26,15	15,55

$a' = 15,65 \cdot 10^{-7}$.

Bei den vier Metallen wurde der Temperaturkoeffizient des Widerstands und bei Molybdän und Wolfram auch der lineare Ausdehnungskoeffizient zwischen 0^0 und 100^0 C gemessen.

Der Einfluß des Druckes auf die Elektronenkonzentration ist bei diesen vier Metallen nicht bekannt. Bei den früher untersuchten Metallen ist das zweite Glied $\frac{1}{N}\frac{\partial N}{\partial p}$ nur ein kleiner Bruchteil der rechten Seite der Gleichung (1), bei Platin und Palladium etwa 13 Proz., bei Zink 10 Proz., für die übrigen neun Metalle noch kleiner.

Für Thallium[1]) ist

$$v = 17,2$$

$$\varkappa = 28 \cdot 10^{-13} \text{ C. G. S.}$$

$$C_p = 27,3 \times 10^7$$

$$\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial T} = 84 \cdot 10^{-6}$$

$$\alpha_T = 41 \cdot 10^{-4}$$

$$a_{\text{ber.}} = 84 \cdot 10^{-7}$$

$$a_{\text{beob.}} = 140 \cdot 10^{-7}.$$

Die Relation gibt einen zu niedrigen Wert. Dies ist, wie schon Grüneisen bemerkt hat, der Fall für Metalle mit niedrigerer Schmelztemperatur, z. B. Blei, Kadmium und Zink.

Für Tantal, Molybdän und Wolfram fehlen leider Angaben der Kompressibilität.

Wenn wir die zwei ersten Glieder der rechten Seite in Gleichung (1) vernachlässigen, bekommen wir

$$A = \frac{1}{C_p}\frac{\partial v}{\partial T}(1 + \alpha T) - a' = {}^4/_3 \text{ K.} \qquad (5)$$

Die Tabelle V enthält die Angaben der in (5) eingehenden Größen.

1) Der Druckkoeffizient bezieht sich auf die Druckeinheit 1 Atm. Alle anderen Konstanten sind in C. G. S. ausgedrückt.

Tabelle V.

Metalle	v	C_p	$\frac{1}{v}\frac{\partial v}{\partial T}$	α_T	$a'_{\text{beob.}}$	Δ
Ta	10,7	$26{,}7 \cdot 10^{-7}$	$23{,}7 \cdot 10^{-6}$	$29{,}7 \quad 10^{-4}$	$17{,}6 \cdot 10^{-7}$	$-0{,}4 \quad 10^{-13}$
Mo	9,8	26	16,8	36,9	14,6	−1,9
W	9,6	26,8	14,1	39,9	15,6	−5,0

Nach E. Grüneisens Theorie bekommt man also für Tantal, Molybdän und Wolfram einen zu niedrigen Wert des Druckkoeffizienten. Die Differenz Δ ist sogar negativ. Wahrscheinlich kann die verhältnismäßig große Differenz zwischen dem beobachteten und berechneten Wert des Druckkoeffizienten nicht aus der Vernachlässigung des zweiten Gliedes $\frac{1}{N}\frac{\partial N}{\partial p}$ erklärt werden.

Upsala, Physikalisches Institut der Universität, September 1917.

(Eingegangen 14. September 1917.)

Die Bestimmung eines Kristallsystems durch Röntgenstrahlen.

Von C. Runge.

Die Methode von Debye und Scherrer[1]) durch die Interferenzen, die an regellos orientierten Kristallteilchen im Röntgenlicht beobachtet werden, auf ein Kristallsystem zu schließen, läuft auf die mathematische Aufgabe hinaus, aus den Werten, die eine definite quadratische Form von drei Veränderlichen für unbekannte ganzzahlige Werte dieser Veränderlichen annimmt, die quadratische Form abzuleiten. Meiner Ansicht nach empfiehlt es sich nicht nur vom physikalischen Standpunkt, sondern ebenso sehr im mathematischen Interesse, die Aufgabe in der Form ins Auge zu fassen, wie sie sich aus der physikalischen Fragestellung ergibt. Es seien $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ drei nicht einer Ebene parallele Vektoren. Aus ihnen werden durch die ganzen Zahlen $n_1\, n_2\, n_3$ die Vektoren

$$\mathfrak{P} = n_1 \mathfrak{L} + n_2 \mathfrak{M} + n_3 \mathfrak{N}$$

abgeleitet, die von einem Punkte aus abgetragen zu den Gitterpunkten eines einfachen Raumgitters führen, das wir als das Raumgitter eines Kristalls betrachten wollen. Die Vektoren $\mathfrak{P}$ haben also die Dimension einer Länge. Durch die vektoriellen Produkte $\mathfrak{M} \times \mathfrak{N}$, $\mathfrak{N} \times \mathfrak{L}$, $\mathfrak{L} \times \mathfrak{M}$[1]) und die ganzen Zahlen h, k, l erhalten wir die Vektoren

$$h\,\mathfrak{M} \times \mathfrak{N} + k\,\mathfrak{N} \times \mathfrak{L} + l\,\mathfrak{L} \times \mathfrak{M},$$

die auf den durch die Gitterpunkte zu legenden Ebenen senkrecht stehen. Dividieren wir sie durch das Parallelepipedon $\mathfrak{L}\,\mathfrak{M}\,\mathfrak{N}$, so erhalten sie die Dimension einer reziproken Länge. Die Größe jedes dieser Vektoren ist ein ganzes Vielfaches des reziproken Abstandes der parallelen Gitterebenen, auf denen er senkrecht steht. Wir multiplizieren noch mit der halben Wellenlänge $\lambda/2$, um ihnen die Dimension von reinen Zahlen zu geben und bezeichnen die Vektoren

$$\frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{M} \times \mathfrak{N}}{\mathfrak{L}\mathfrak{M}\mathfrak{N}}, \quad \frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{N} \times \mathfrak{L}}{\mathfrak{L}\mathfrak{M}\mathfrak{N}}, \quad \frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{L} \times \mathfrak{M}}{\mathfrak{L}\mathfrak{M}\mathfrak{N}}$$

mit $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$. Die Vektoren

$$\mathfrak{Q} = h\mathfrak{A} + k\mathfrak{B} + l\mathfrak{C}$$

stehen dann also senkrecht auf den Gitterebenen und sind dimensionslos. Die Länge jedes Vektors $\mathfrak{Q}$ ist ein ganzes Vielfaches von $\frac{\lambda/2}{d}$, wo d den Abstand der auf $\mathfrak{Q}$ senkrechten Kristallebenen bedeutet. Durch die Beobachtung des vom Kristall reflektierten Lichtes bestimmter Wellenlänge λ, werden uns nun gerade diese Vielfachen von $\frac{\lambda/2}{d}$ geliefert. Sie sind gleich $\sin\vartheta/2$, wenn ϑ den Winkel zwischen der Richtung des einfallenden Lichtes und der Richtung des an den zu $\mathfrak{Q}$ senkrechten Kristallebenen reflektierten Lichtes bedeutet. Mit andern Worten: die beobachteten Werte von $\sin\vartheta/2$ liefern uns die Größen der Vektoren $\mathfrak{Q}$, soweit deren Größe kleiner als 1 ist. Das skalare Produkt von $\mathfrak{Q}$ mit sich selbst ist also gleich $\sin^2\vartheta/2$, d. h. es ist:

$$\mathfrak{Q}\cdot\mathfrak{Q} = \sin^2\vartheta/2 = \mathfrak{A}\cdot\mathfrak{A}\,h^2 + \mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B}\,k^2 + \mathfrak{C}\cdot\mathfrak{C}\,l^2 + 2\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{C}\,kl + 2\mathfrak{C}\cdot\mathfrak{A}\,lh + 2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{B}\,hk.$$

Diese quadratische Form, die wir mit $Q(h,k,l)$ bezeichnen wollen, gilt es zu ermitteln. Haben wir die sechs skalaren Produkte von $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$

1) Diese Zeitschr. 18, 291—301, 1917.

1) Ich bediene mich im folgenden der Bezeichnungen von Gibbs: $\mathfrak{M} \times \mathfrak{N}$ für das vektorielle, $\mathfrak{M} \,.\, \mathfrak{N}$ für das skalare Produkt, $\mathfrak{L}\,\mathfrak{M}\,\mathfrak{N}$ für das Parallelepipedon oder, wie Graßmann sagt, das „äußere Produkt" der drei Vektoren $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$.

miteinander und mit sich selbst gefunden, so sind damit $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ relativ zueinander orientiert. Damit ist dann aber auch das Kristallgitter selbst gefunden. Denn die Beziehung zwischen den Vektoren $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ und $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ ist reziprok. Dieselben Formeln, durch die man $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ aus $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ ableitet, dienen auch dazu, $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ durch $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ auszudrücken:

$$\mathfrak{L} = \frac{\lambda}{2}\,\frac{\mathfrak{B}\times\mathfrak{C}}{\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}},\quad \mathfrak{M} = \frac{\lambda}{2}\,\frac{\mathfrak{C}\times\mathfrak{A}}{\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}},\quad \mathfrak{N} = \frac{\lambda}{2}\,\frac{\mathfrak{A}\times\mathfrak{B}}{\mathfrak{A}\mathfrak{B}\mathfrak{C}}.$$

Bei dem Versuch, die Aufgabe zu lösen, stößt man auf mancherlei Schwierigkeiten, erstens dadurch, daß die Beobachtungen der Natur der Sache nach nur eine beschränkte Genauigkeit besitzen. Denn ganzzahlige Relationen zwischen unvollkommenen Beobachtungen neigen dazu, in nichts zu zerflattern. Zweitens dadurch, daß die Werte von $\sin^2 \vartheta/2$ nicht größer als 1 sein können, mit andern Worten, daß der Abstand d zweier benachbarten Ebenen, des Kristallgitters, um noch Interferenz hervorzurufen, nicht kleiner als $\lambda/2$ werden kann und die Beobachtung daher bei gegebener Wellenlänge des Röntgenlichtes nur eine beschränkte Anzahl von Werten der quadratischen Form Q liefert. Drittens dadurch, daß mehrere kongruente Gitter ineinander geschoben sein können und dadurch auch für solche Indizes h, k, l, deren entsprechender Wert von $\sin^2 \vartheta/2$ kleiner als 1 ist, die Intensität des reflektierten Strahles durch Interferenz verschwinden kann.

Ich will diese Schwierigkeiten zunächst außer Augen lassen und erst bei einem Beispiel besprechen, wie sie zu überwinden sind.

Sei Q_1 der kleinste der beobachteten Werte der quadratischen Form, so nehmen wir $\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{A} = Q_1$ an. Den Vektoren $2\mathfrak{A}$, $3\mathfrak{A}$ usw. müssen dann die Werte $4Q_1$, $9Q_1$ usw. entsprechen, die mit den beobachteten Werten verglichen werden können. Unter den übrigen Werten von Q sei Q_2 der kleinste. Wir setzen dann $\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B} = Q_2$ und suchen die beiden Werte von Q, die den Vektoren $\mathfrak{A}+\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{A}-\mathfrak{B}$ entsprechen. Nennen wir sie Q'_{12} und Q''_{12}, so muß sein:

$$\begin{aligned} Q'_{12}+Q''_{12} &= (\mathfrak{A}+\mathfrak{B})\cdot(\mathfrak{A}+\mathfrak{B}) + (\mathfrak{A}-\mathfrak{B})\cdot(\mathfrak{A}-\mathfrak{B}) \\ &= 2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{A} + 2\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B} = 2(Q_1+Q_2). \end{aligned}$$

Unter den beobachteten Werten von Q haben wir also zwei solche zu suchen, die zusammengenommen $2(Q_1+Q_2)$ geben; wobei nicht ausgeschlossen ist, daß $Q'_{12} = Q''_{12}$. Daraus folgt dann

$$2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{B} = \frac{(\mathfrak{A}+\mathfrak{B})\cdot(\mathfrak{A}+\mathfrak{B})}{2} - \frac{(\mathfrak{A}-\mathfrak{B})\cdot(\mathfrak{A}-\mathfrak{B})}{2} = \frac{Q'_{12}-Q''_{12}}{2}.$$

Somit ist die quadratische Form für $l = 0$

$$Q(h,k,0) = \mathfrak{A}\cdot\mathfrak{A}h^2 + 2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{B}hk + \mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B}k^2$$

gefunden, d. h. es lassen sich alle Werte von Q berechnen und mit den beobachteten Werten vergleichen, die der Koordinatenebene für $l = 0$ angehören. Unter den übrigen Werten von Q sei wieder Q_3 der kleinste. Wir setzen dann $\mathfrak{C}\cdot\mathfrak{C} = Q_3$ und suchen analog wie oben zwei Werte Q'_{13} und Q''_{13}, deren Summe gleich $2(Q_1+Q_3)$ ist und deren halbe Differenz uns den Wert von $2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{C}$ liefert, und zwei Werte Q'_{23} und Q''_{23}, deren Summe gleich $2(Q_2+Q_3)$ ist und deren halbe Differenz uns den Wert von $2\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{C}$ liefert. Damit lassen sich dann alle Werte von Q berechnen und mit den Beobachtungen vergleichen. Damit ist das Raumgitter

$$\mathfrak{Q} = h\mathfrak{A} + k\mathfrak{B} + l\mathfrak{C}$$

gefunden und nun wird man auf seine Symmetrien zu achten haben, wieviele Vektoren von gleicher Länge vorkommen und wie sie zueinander liegen. Und danach wird man gegebenenfalls statt $\mathfrak{A}$, $\mathfrak{B}$, $\mathfrak{C}$ andere Grundvektoren wählen, bei denen die Symmetrien besser hervortreten.

Die Einzelheiten des Verfahrens mögen an einem Beispiel erläutert werden. Ich wähle die Beobachtungen, die Debye und Scherrer am Graphit mit der α-Linie der Kupfer-K-Strahlung ausgeführt haben.

Beobachtungen[1]):

$\sin \vartheta/2 =$ 0,229; 0,373 (doppelt); 0,451; 0,464; 0,521; 0,616; 0,635; 0,655; 0,683; 0,697; 0,719 (doppelt); 0,766 (doppelt); 0,806; 0,834; 0,889; 0,910 (doppelt); 0,919; 0,934; 0,946; 0,951.

Ehe die Quadrate gebildet werden, kann man die beobachteten Werte zunächst noch verbessern. Wir bilden das Doppelte, Dreifache, Vierfache der Größe des kleinsten Vektors

$$n\cdot 0{,}229 = 0{,}458;\ 0{,}687;\ 0{,}916\quad (n = 2, 3, 4).$$

Beobachtet sind:

0,451 und 0,464; 0,683 und 0,697;
0,910 (doppelt) und 0,919.

Es würde daher zweifelhaft bleiben, wie man zu identifizieren hätte, wenn für die erste und dritte Linie nicht andere genauere Beobachtungen $\sin \vartheta/2 = 0{,}2265$ und 0,4550 (Genauigkeit etwa 0,2 Proz.) vorlägen. Das Doppelte von 0,2265 ist 0,453 und muß mit dem beobachteten Wert 0,4550 identifiziert werden. Die Hälfte von 0,4550 ist 0,2275 und ist doppelt so genau wie der beobachtete Wert 0,2265. Wir ersetzen ihn daher durch 0,2273. Die Vielfachen davon sind

1) Die kleineren Zahlen haben nach einer gütigen Mitteilung Debyes eine Genauigkeit von etwa 1 Proz., die größeren von etwa 0,5 Proz.

0,455; 0,682; 0,909, deren Werte wir also mit den beobachteten Linien 0,451; 0,683 und der einen Komponente von 0,910 zu identifizieren haben.

Das Doppelte von 0,373 gibt 0,746. Da 0,373 eine nicht getrennte Doppellinie darstellt, so werden wir mit 0,746 die eine Komponente der beobachteten Doppellinie 0,719 und die eine Komponente der beobachteten Doppellinie 0,766 identifizieren. Wenn die Werte 0,719 und 0,766 etwa auf 1 Proz. richtig sind, so werden die halben Werte 0,360 und 0,383 etwa auf vier Einheiten der letzten Stelle richtig sein und anstatt des Mittelwertes 0,373 gesetzt werden können.

Das Doppelte von 0,464 ist 0,928. Wir identifizieren diesen Wert mit 0,934, und da dieser Wert auf etwa $^1/_2$ Proz. genau sein soll, so wird die Hälfte davon 0,467 doppelt so genau sein wie der beobachtete Wert 0,464. Wir werden daher statt dieses beobachteten Wertes 0,466 setzen. Somit werden die verbesserten Beobachtungen:

$$\sin \vartheta/2 = 0{,}2273;\ 0{,}360;\ 0{,}383;\ 0{,}4546;\ 0{,}466,$$

während die übrigen ungeändert bleiben können. Nunmehr bilden wir die Werte $\sin^2 \vartheta/2$ der quadratischen Form $Q(h, k, l)$. Da wir es zunächst noch mit Werten von $\sin^2 \vartheta/2$ zu tun haben, die nur auf etwa 2 Proz. genau sind, so wird es vollkommen ausreichen, sich auf drei Dezimalen zu beschränken. Um ganze Zahlen zu haben, werde ich die Werte von $10^3 Q$ betrachten:

$10^3 Q = 52$; 130; 147; 207; 217; 271; 379; 403; 429; 466; 486; 517(d); 587(d); 650; 696; 790; 828(d); 845; 872; 895; 904.

Mit diesen Werten versuchen wir nun wie oben geschildert zu verfahren.

$Q_1 = 52 \quad Q_2 = 130 \quad 2(Q_1 + Q_2) = 364.$ Wird $Q'_{12} = 147$ $Q''_{12} = 217$ gesetzt, so ergibt sich $Q'_{12} + Q''_{12} = 2(Q_1 + Q_2)$ und somit für $l = 0$.

$$Q = 52 h^2 + 130 k^2 - 35 hk.$$

Statt -35 könnte man auch $+35$ schreiben; das würde nur bedeuten, daß man einen der beiden Vektoren $\mathfrak{A}$ oder $\mathfrak{B}$ die entgegengesetzte Richtung gäbe. Um die Werte von Q für die andern ganzzahligen Werte von h und k zu überblicken, wird man gut tun, sie an die Gitterpunkte eines ebenen Netzes anzuschreiben, dem man, wenn man will, die wahre den Werten $\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{A} = 52$; $\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B} = 130$; $2\mathfrak{A}\cdot\mathfrak{B} = -35$ entsprechende Form geben kann (Fig. 1). In das Netz werden zunächst die Werte von Q für $k = 0$

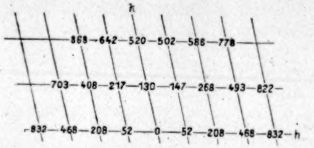

Fig. 1.

und $h = 1, 2, 3, 4$, sowie für $h = 0$ und $k = 1, 2$, ferner die Werte für $h = \pm 1$, $k = 1$ und $h = \pm 2$, $k = 2$, eingetragen. Die Werte von Q für die andern Netzpunkte berechnet man dann durch die Bemerkung, daß die Werte auf einer Geraden konstante zweite Differenzen haben. Ich möchte diesem Theorem eine etwas andere Form geben in dem folgenden Satze:

Es seien $\mathfrak{Q}_1, \mathfrak{Q}_2, \mathfrak{Q}_3, \mathfrak{Q}_4$ vier Vektoren, die von einem Punkte aus abgetragen zu den vier Ecken eines Parallelogramms führen, so daß

$$\mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_1 = \mathfrak{Q}_4 - \mathfrak{Q}_3$$

und es seien Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 die Quadrate ihrer Größen; dann ist

$$\begin{aligned} Q_1 + Q_4 - Q_2 - Q_3 \\ = \mathfrak{Q}_1\cdot\mathfrak{Q}_1 + \mathfrak{Q}_4\cdot\mathfrak{Q}_4 - \mathfrak{Q}_2\cdot\mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_3\cdot\mathfrak{Q}_3 \\ = 2(\mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_1)\cdot(\mathfrak{Q}_3 - \mathfrak{Q}_1), \end{aligned}$$

d. h. es hängt $Q_1 + Q_4 - Q_2 - Q_3$ nur von den Vektoren $\mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_1$ und $\mathfrak{Q}_3 - \mathfrak{Q}_1$ also nur von der Gestalt des Parallelogramms ab. Mit andern Worten sind $\mathfrak{Q}'_1\ \mathfrak{Q}'_2\ \mathfrak{Q}'_3\ \mathfrak{Q}'_4$ vier Vektoren, die von einem Punkte aus abgetragen zu den vier Ecken eines dem ersten kongruenten Parallelogramms führen, so daß $\mathfrak{Q}'_2 - \mathfrak{Q}'_1 = \mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_1$ und $\mathfrak{Q}'_3 - \mathfrak{Q}'_1 = \mathfrak{Q}_3 - \mathfrak{Q}_1$, so hat

$$Q'_1 + Q'_4 - Q'_2 - Q'_3$$

denselben Wert, wie bei den ersten vier Vektoren. Dabei ist nicht ausgeschlossen, daß die vier Ecken des Parallelogramms in eine Gerade fallen oder dabei noch zwei Ecken zusammenfallen, also $\mathfrak{Q}_2 - \mathfrak{Q}_1 = \mathfrak{Q}_4 - \mathfrak{Q}_3$ und $\mathfrak{Q}_2 = \mathfrak{Q}_3$ und dementsprechend $\mathfrak{Q}'_2 - \mathfrak{Q}'_1 = \mathfrak{Q}'_4 - \mathfrak{Q}'_3$ und $\mathfrak{Q}'_2 = \mathfrak{Q}'_3$. In diesem Falle haben wir es nur mit drei Vektoren $\mathfrak{Q}_1\ \mathfrak{Q}_2\ \mathfrak{Q}_4$ zu tun, die von einem Punkte abgetragen nach drei äquidistanten Punkten einer Geraden führen, und dann geht $Q_1 + Q_4 - Q_2 - Q_3$ in die zweite Differenz $(Q_4 - Q_2) - (Q_2 - Q_1)$ der drei Werte über. Diese zweite Differenz hat mithin für die drei Vektoren $\mathfrak{Q}'_1\ \mathfrak{Q}'_2\ \mathfrak{Q}'_4$ denselben Wert.

Auf jeder Netzgeraden kennen wir nun die zweite Differenz. Sie ist gleich 104 auf den Parallelen zur h-Achse und gleich 260 auf den Parallelen zur k-Achse. Somit können wir die Werte von Q auf der Geraden $k = 1$ und danach auf der Geraden $k = 2$ berechnen. Vergleicht man die berechneten mit den beobach-

teten Werten, so findet man, daß die berechneten tatsächlich beobachtet sind. Man wird gut tun, die Differenzen zwischen den beobachteten und den berechneten Werten von $10^3 Q$ auch in derselben Weise wie die berechneten Werte selbst in ein Netz einzutragen (Fig. 2).

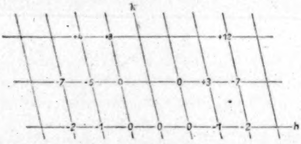

Fig. 2.

Die Stellen sind leer gelassen, deren entsprechende Linien Komponenten nicht getrennter Doppellinien sind. Wenn man an den Koeffizienten der quadratischen Form

$$10^3 Q = 52h^2 + 130\,k^2 - 35\,hk$$

Verbesserungen a, b, c anbrächte, so daß sie sich um $ah^2 + bk^2 + chk$ änderte, so könnte man diese Änderung graphisch so darstellen, daß man die Kegelschnitte

$$ah^2 + bk^2 + chk = 0,\ \pm 1,\ \pm 2,$$

usw. in das Netz einzeichnete. Das ist ein System von ähnlichen Kurven, deren Maßstab den Wurzeln aus den ganzen Zahlen proportional ist. Wenn es möglich wäre, die Verbesserungen so zu wählen, daß die Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Werten verschwänden, so müßten die hingeschriebenen Zahlen auf den betreffenden Kegelschnitten liegen. Ein Blick auf das Netz zeigt z. B. in unserm Falle, daß man durch passende Verbesserungen der Koeffizienten, die Differenzen nicht zum Verschwinden bringen, wenn auch ein wenig reduzieren kann, was aber einstweilen der Mühe nicht lohnt. Wir fahren daher fort, die Werte von $10^3 Q$ nun für die Ebenen $k = 0$ und $h = 0$ zu berechnen, indem wir die Koeffizienten zunächst unverbessert lassen. Vorher wollen wir aber in einer Tabelle die beobachteten Werte von Q mit den in der Ebene $l = 0$ berechneten zusammenstellen, um überblicken zu können, welche von den beobachteten Werten noch nicht untergebracht sind.

$10^3 Q$			
beobachtet	berechnet	beobachtet	berechnet
52	52	517 (*d*)	502.520
130	130	587 (*d*)	588,—
147	147	650	642
207	208	696	703
217	217	790	778
271	268	828 (*d*)	822,832
379	—	845	—
403	408	872	868
429	—	895	—
466	468	904	—
486	493		

Von den beobachteten Werten sind sechs noch nicht untergebracht, von denen 379 der kleinste ist. Wir setzen daher $10^3 Q_3 = 379$ und suchen zunächst für die Ebene $k = 0$ zwei Werte Q'_{13} und Q''_{13} derart, daß $Q'_{13} + Q''_{13} = 2(Q_1 + Q_3)$

$$\begin{array}{r} 10^3 Q_1 = 52 \\ 10^3 Q_3 = 379 \\ \hline 10^3 (Q_1 + Q_3) = 431 \end{array}$$

Wir können mithin $Q'_{13} = Q''_{13}$ annehmen und mit dem beobachteten noch nicht untergebrachten Wert 429 identifizieren. Hiermit erhalten wir für $k = 0$

$$10^3 Q = 52h^2 + 379l^2$$

und berechnen die Werte, die wir wieder an die Gitterpunkte eines Netzes schreiben (Fig. 3).

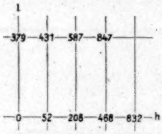

Fig. 3.

Von den berechneten Werten 587 und 847 gehört offenbar der eine zu einer der Komponenten von 587 (*d*), der andere zu dem beobachteten Wert 845, so daß jetzt von allen beobachteten Werten nur 895 und 904 noch nicht untergebracht sind.

Für die Ebene $h = 0$ haben wir zwei Werte Q'_{23} und Q''_{23} zu suchen, deren Summe gleich $2(Q_2 + Q_3)$ ist

$$\begin{array}{r} 10^3 Q_2 = 130 \\ 10^3 Q_3 = 379 \\ \hline 10^3 (Q_2 + Q_3) = 509 \\ 2 \cdot 10^3 (Q_2 + Q_3) = 1018 \end{array}$$

Wir versuchen Q'_{23} mit einem der beiden noch nicht untergebrachten Werte zu identifizieren und finden für

$$Q'_{23} = 895\ Q''_{23} = 130 : Q'_{23} + Q''_{23} = 1025.$$

Damit hätten wir dann für $h = 0$

$$10^3 Q = 130k^2 + 379l^2 + 379\,kh.$$

Die berechneten Werte zeichnen wir wieder in den Netzpunkten eines Netzes auf (Fig. 4).

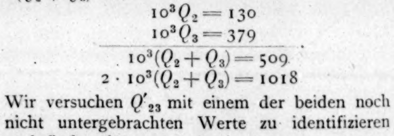

Fig. 4.

Den neu berechneten Wert 141 werden wir mit dem beobachteten Wert 147, 412 mit 403, 520 mit der größeren Komponente von 517 (d); 564 mit der kleineren Komponente von 587 (d) identifizieren.

Somit haben wir in erster Näherung die quadratische Form:

$$10^3 Q = 52h^2 + 130k^2 + 379l^2 + 379kl - 35hk,$$

die sowohl für $l = 0$, wie $k = 0$, und $h = 0$ mit ausreichender Genauigkeit die beobachteten Werte annimmt. Jetzt sind die Werte von Q aber auch noch außerhalb der Koordinatenebenen zu berechnen und mit den Beobachtungen zu vergleichen. Da die Beobachtungen bis auf 904 alle untergebracht sind, so werden wir zu erwarten haben, daß sich außerhalb der Koordinatenebenen die beobachteten Werte von Q wiederfinden und das wird uns die Symmetrien des Systems enthüllen.

Für $l = +1$ erhalten wir:

$$10^3 Q = 52h^2 + 130k^2 - 35hk + 379(k+1)$$

für $l = +2$:

$$10^3 Q = 52h^2 + 130k^2 - 35hk + 758(k+2).$$

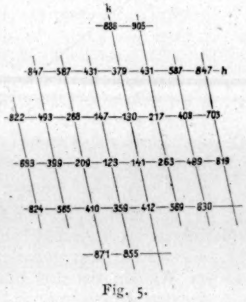

Fig. 5.

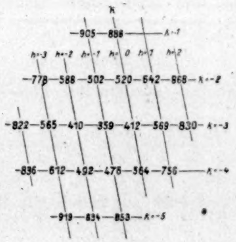

Fig. 6.

Es ergeben sich die vorstehenden Netze Fig. 5 und Fig. 6. Den Wert

$$141 (h = 0, \ k = -2, \ l = 1)$$

werden wir mit dem höheren 147, den Wert $123 (h = -1, k = -2, l = 1)$ mit dem höheren 130 und dementsprechend

$$209 (h = -2, \ k = -2, \ l = 1)$$

auch mit dem höheren 217 (nicht mit 207) identifizieren. Für $l = -1$ und $l = -2$ brauchen die Werte von Q nicht besonders berechnet zu werden, da Q ungeändert bleibt, wenn h, k, l alle drei ins Entgegengesetzte verwandelt werden.

Die drei Netze $l = 0$, $l = 1$, $l = 2$ lehren uns nun die auftretenden Symmetrien. Um darüber einen Überblick zu gewinnen, bringen wir die Werte von Q nach ihrer Größe in eine Tabelle und setzen die ganzzahligen Werte von h, k, l hinzu, für welche in den drei Netzen der betreffende Wert von Q angenommen wird. Es genügt schon eine geringere Anzahl der Werte von Q zu betrachten, um die Symmetrien zu entdecken. Man beschränkt sich auf die kleineren Werte von Q, weil die gefundene Annäherung für die größeren Werte weniger genau ist.

$10^3 Q$	h	k	l
52	1	0	0
	—1	0	0
130	0	1	0
	0	—1	0
	0	—1	1
	0	1	—1
	—1	—2	1
	1	2	—1
147	1	1	0
	—1	—1	0
	—1	—1	1
	1	1	—1
	0	—2	1
	0	2	—1
207	2	0	0
	—2	0	0
217	—1	1	0
	1	—1	0
	1	—1	1
	—1	1	—1
	—2	—2	1
	2	2	—1
271	2	1	0
	—2	—1	0
	—2	—1	1
	2	1	—1
	1	—2	1
	—1	2	—1

usw.

Es zeigt sich, daß den Werten 52 und 207 nur je ein Vektor des Raumgitters entspricht (abgesehen von dem Vektor entgegengesetzter Richtung), während den andern Werten je drei Vektoren zukommen. Wir wählen daher drei Vektoren, die den kleinsten gemeinsamen Wert $10^3 Q = 130$ besitzen und nicht in einer Ebene liegen als Einheitsvektoren des Raumgitters. Bezeichnen wir sie mit $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ und setzen den Werten von h, k, l bei $10^3 Q = 130$ entsprechend

$$\mathfrak{U} = \mathfrak{B}$$
$$\mathfrak{V} = -\mathfrak{B} + \mathfrak{C}$$
$$\mathfrak{W} = -\mathfrak{A} - 2\mathfrak{B} + \mathfrak{C},$$

so ist:

$$\mathfrak{A} = -\mathfrak{U} + \mathfrak{V} - \mathfrak{W};\ \mathfrak{B} = \mathfrak{U};\ \mathfrak{C} = \mathfrak{U} + \mathfrak{V}$$

und somit lassen sich alle Vektoren des Raumgitters auch ganzzahlig durch $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ ausdrücken.

$$\mathfrak{Q} = h\mathfrak{A} + k\mathfrak{B} + l\mathfrak{C}$$
$$= (-h+k+l)\,\mathfrak{U} + (h+l)\,\mathfrak{V} - h\mathfrak{W}.$$

Die dem Wert $10^3\,Q = 147$ entsprechenden Vektoren werden z. B.

$$\mathfrak{V} - \mathfrak{W},\quad \mathfrak{U} + \mathfrak{W},\quad -\mathfrak{U} + \mathfrak{V}$$
$$-\mathfrak{V} + \mathfrak{W},\quad -\mathfrak{U} - \mathfrak{W},\quad \mathfrak{U} - \mathfrak{V}.$$

Diese Vektoren müssen also gerade so wie $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ selbst untereinander dieselbe Länge haben. Aus der Gleichheit der skalaren Produkte

$$(\mathfrak{V} - \mathfrak{W}) \cdot (\mathfrak{V} - \mathfrak{W}) = (\mathfrak{U} + \mathfrak{W}) \cdot (\mathfrak{U} + \mathfrak{W})$$
$$= (-\mathfrak{U} + \mathfrak{V}) \cdot (-\mathfrak{U} + \mathfrak{V})$$

zugleich mit der Gleichheit der skalaren Produkte

$$\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{U} = \mathfrak{V} \cdot \mathfrak{V} = \mathfrak{W} \cdot \mathfrak{W}$$

ergibt sich unmittelbar

$$-2\mathfrak{V} \cdot \mathfrak{W} = 2\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{W} = -2\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{V}.$$

Der größeren Gleichförmigkeit wegen nehmen wir für $\mathfrak{V}$ nicht $-\mathfrak{B} + \mathfrak{C}$ sondern $\mathfrak{B} - \mathfrak{C}$, so daß die bisherigen Gleichungen, wenn $\mathfrak{V}$ in $-\mathfrak{V}$ verwandelt wird, für die neue Bezeichnung richtig sind. Dann ist

$$\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{U} = \mathfrak{V} \cdot \mathfrak{V} = \mathfrak{W} \cdot \mathfrak{W},$$
$$2\mathfrak{V} \cdot \mathfrak{W} = 2\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{W} = 2\mathfrak{V} \cdot \mathfrak{U}$$

und

$$\mathfrak{Q} = h\mathfrak{A} + k\mathfrak{B} + l\mathfrak{C}$$
$$= (-h+k+l)\,\mathfrak{U} + (-h-l)\,\mathfrak{V} - h\mathfrak{W}.$$

Bezeichnen wir die auf $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ sich beziehenden ganzen Zahlen mit x, y, z, so daß

$$\mathfrak{Q} = x\mathfrak{U} + y\mathfrak{V} + z\mathfrak{W},$$

so wird

$$Q = \mathfrak{Q} \cdot \mathfrak{Q} = \mathfrak{U} \cdot \mathfrak{U}\,(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$+ 2\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{V}\,(yz + zx + xy).$$

Nach unseren bisherigen Ermittelungen war

$$\mathfrak{U} \cdot \mathfrak{U} = \mathfrak{V} \cdot \mathfrak{V} = \mathfrak{W} \cdot \mathfrak{W} = 130 \cdot 10^{-3}$$
$$(\mathfrak{V} + \mathfrak{W}) \cdot (\mathfrak{V} + \mathfrak{W}) = \mathfrak{V} \cdot \mathfrak{V}$$
$$+ \mathfrak{W} \cdot \mathfrak{W} + 2\mathfrak{V} \cdot \mathfrak{W} = 147 \cdot 10^{-3},$$

also

$$2\mathfrak{V} \cdot \mathfrak{W} = (147 - 260) \cdot 10^{-3} = -113 \cdot 10^{-3}$$

und demnach

$$10^3 \cdot \sin^2 \vartheta/2 = 10^3 Q = 130\,(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$-113\,(yz + zx + xy).$$

Nun sind abermals in dieser Form die Werte von Q zu berechnen und mit den Beobachtungen zu vergleichen. Dann hat man die beiden Konstanten so zu verbessern, daß die berechneten Werte sich den beobachteten so gut wie möglich anschließen.

Die Ausgleichungsrechnung ergibt schließlich

$$10^3 \sin^2 \vartheta/2 = 132{,}27\,(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$-115{,}13\,(yz + zx + xy)$$

mit einem mittleren Fehler der beiden Koeffizienten von 0,29 und 0,27. Dabei sind die Werte von Q, die sich auf Komponenten von ungetrennten Doppellinien beziehen, sowie der kleinste beobachtete Wert von Q für die Ausgleichung weggelassen und die übrigen 15 Werte als gleich genau betrachtet.

Debye und Scherrer geben für $10^3 \sin^2 \vartheta/2$ die quadratische Form an:

$$37{,}24\,(h_1^2 + h_2^2 + h_3^2)$$
$$-20{,}01\,(h_2 h_3 + h_3 h_1 + h_1 h_2),$$

worin sie aber die Veränderlichen $h_1\ h_2\ h_3$ nur solche ganzzahligen Wertsysteme annehmen lassen, für die alle drei Zahlen gerade oder alle drei Zahlen ungerade sind. Setzt man

$$\frac{h_2 + h_3}{2} = x,\quad \frac{h_3 + h_1}{2} = y,\quad \frac{h_1 + h_2}{2} = z,$$

so erhalten somit x, y, z ganzzahlige Werte, die keiner Einschränkung unterworfen sind. Zugleich ist

$$h_1^2 + h_2^2 + h_3^2 = 3\,(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$-2\,(yz + zx + xy)$$
$$h_2 h_3 + h_3 h_1 + h_1 h_2 = -(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$+2\,(yz + zx + xy)$$

und damit geht Debyes und Scherrers quadratische Form über in

$$10^3 \sin^2 \vartheta/2 = 131{,}73\,(x^2 + y^2 + z^2)$$
$$-114{,}50\,(yz + zx + xy),$$

was mit der oben durch Ausgleichung gefundenen Form hinreichend übereinstimmt[1]).

Mit andern Worten: die drei Einheitsvektoren des Raumgitters, das Debye und Scherrer betrachten, sind nicht unsere Einheitsvektoren $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$, durch die alle Vektoren $\mathfrak{Q}$ in der Form

$$\mathfrak{Q} = x\mathfrak{U} + y\mathfrak{V} + z\mathfrak{W}$$

darstellbar sind, sondern ihre Einheitsvektoren sind

$$\frac{\mathfrak{V} + \mathfrak{W}}{2},\quad \frac{\mathfrak{W} + \mathfrak{U}}{2},\quad \frac{\mathfrak{U} + \mathfrak{V}}{2}$$

und es wird

$$\mathfrak{Q} = h_1 \frac{\mathfrak{V} + \mathfrak{W}}{2} + h_2 \frac{\mathfrak{W} + \mathfrak{U}}{2} + h_3 \frac{\mathfrak{U} + \mathfrak{V}}{2}.$$

Das Parallelepipedon, durch das äußere Produkt der drei Vektoren berechnet, ist gleich

---

1) Die Abweichung erklärt sich daraus, daß Debye und Scherrer ihre Form nicht durch die Ausgleichung aller Beobachtungen finden, sondern aus der Beobachtung weniger möglichst genau beobachteten Linien.

dem vierten Teil des von $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$ gebildeten Parallelepipedons.

Für das Kristallgitter folgt dann das Umgekehrte. Bezeichnen wir die drei Einheitsvektoren

$$\frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{V}\times\mathfrak{W}}{\mathfrak{U}\mathfrak{V}\mathfrak{W}},\quad \frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{W}\times\mathfrak{U}}{\mathfrak{U}\mathfrak{V}\mathfrak{W}},\quad \frac{\lambda}{2}\frac{\mathfrak{U}\times\mathfrak{V}}{\mathfrak{U}\mathfrak{V}\mathfrak{W}}$$

unseres Kristallgitters mit $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{R}$ und die drei Einheitsvektoren des Kristallgitters von Debye und Scherrer, die aus

$$\frac{\mathfrak{V}+\mathfrak{W}}{2},\quad \frac{\mathfrak{W}+\mathfrak{U}}{2},\quad \frac{\mathfrak{U}+\mathfrak{V}}{2}$$

genau so abgeleitet werden wie $\mathfrak{P}$, $\mathfrak{Q}$, $\mathfrak{R}$ aus $\mathfrak{U}$, $\mathfrak{V}$, $\mathfrak{W}$, mit $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$, so erhalten wir bei Durchführung der vektoranalytischen Rechnung

$$\mathfrak{L}=\mathfrak{Q}+\mathfrak{R}-\mathfrak{P},\quad \mathfrak{M}=\mathfrak{R}+\mathfrak{P}-\mathfrak{Q},$$
$$\mathfrak{N}=\mathfrak{P}+\mathfrak{Q}-\mathfrak{R}$$

oder

$$\mathfrak{P}=\frac{\mathfrak{M}+\mathfrak{N}}{2},\quad \mathfrak{Q}=\frac{\mathfrak{N}+\mathfrak{L}}{2},\quad \mathfrak{R}=\frac{\mathfrak{L}+\mathfrak{M}}{2}.$$

Die Einheitsvektoren unseres Kristallgitters ergeben sich also aus dem Einheitsparallelepipedon bei Debye und Scherrer[1]), wenn man von der Ecke, wo $\mathfrak{L}$, $\mathfrak{M}$, $\mathfrak{N}$ zusammenstoßen, Linien zieht nach den Mitten der drei an der Ecke zusammenstoßenden Grenzflächen. Die Gitterpunkte unseres Kristallgitters enthalten nicht nur die Gitterpunkte von Debye und Scherrer, sondern außerdem noch die Flächenmitten ihres Gitters. Während bei Debye und Scherrer die Flächenmitten ihres Gitters belegt werden müssen, um die an den Ebenen mit gemischten Indizes reflektierten Strahlen zum Verschwinden zu bringen, haben wir das nicht nötig. Wohl aber muß man nun mit unserem Kristallgitter gerade so verfahren, wie Debye und Scherrer es tun, um auch die beobachteten Intensitäten der Linien zu berechnen, d. h. man muß den „Strukturfaktor"

$$1+\cos(2\pi\gamma(x+y+z))$$

betrachten und die Konstante γ so zu bestimmen suchen, daß sich die beobachteten Intensitäten ergeben[2]). Man gelangt zu dem Wert von γ durch die einfache Bemerkung, daß um den Beobachtungen zu genügen der Strukturfaktor die Intensitäten gerade der Linien verstärken muß, für die $x+y+z$ gleich Null oder durch drei teilbar ist. Das wird erreicht, wenn man γ den Wert $1/3$ gibt.

1) Vgl. Fig. 4b, S. 299.
2) Vgl. Debye und Scherrers Arbeit S. 297.

(Eingegangen 15. September 1917.)

Die charakteristischen Maßzahlen für das Elektron in ihrer Verknüpfung mit den Strahlungskonstanten.

Von Ludwig Flamm.

Jüngst hat Millikan[1]) das Resultat einer sorgfältigen Neubestimmung des Elementarquantums zu

$$e=4{,}774\cdot 10^{-10},\ \pm 0{,}005$$

elektrostatische Einheiten veröffentlicht. Die Zahl ist also auch in der letzten angegebenen Ziffer mit der früher gegebenen[2]) identisch geblieben. Nur die Genauigkeit des Resultates hat sich vergrößert, da der Fehler damals mit $\pm 0{,}009$ mitgeteilt war. Die daran anschließende Neuberechnung der abgeleiteten Größen führt somit im allgemeinen auch nur auf eine Herabsetzung des angegebenen Fehlers. Eine wesentliche Änderung erfuhr aber der Wert des Planckschen Wirkungsquantums. Millikan benutzt zu seiner Berechnung jetzt nicht mehr die Konstante des Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetzes, deren experimentelle Bestimmung sich doch noch recht schwankend erweist, sondern die Rydbergsche Konstante gemäß der Bohrschen Theorie[3]) der Serienspektra. Bei der großen Genauigkeit, mit welcher sich spektroskopische Messungen durchführen lassen, muß sich auf diesem Wege ein weit sichereres Resultat ergeben.

Der weitere Ausbau der Bohrschen Theorie durch Sommerfeld[4]) in Verbindung mit den Messungen Paschens[5]) brachte auch volle Rechenschaft von der Feinzerlegung der Spektrallinien. Durch eine scharfe Neubestimmung der Rydbergschen Konstanten bei „Bohrs Heliumlinien" sowohl als bei der Balmer-Serie des Wasserstoffes konnte Paschen nach einer neuen Methode die Ermittlung der spezifischen Elektronenladung ausführen. Der so aus rein spektroskopischen Messungen erhaltene Wert dürfte jetzt schon den nach den gebräuchlichen direkten Methoden erhaltenen Zahlen an Genauigkeit keineswegs nachstehen.

Paschens Messungen berücksichtigen auch alle feinen Korrekturen, welche durch Einführung der Relativitätsmechanik in Erweiterung der Theorie hinzugekommen sind. Seine Bestimmung der Rydbergschen Konstante muß somit derzeit als die zuverlässigste allen diesbezüglichen Rechnungen zugrunde gelegt werden.

1) Phil. Mag. (6) **34**, 1, 1917.
2) Diese Zeitschr. **14**, 796, 1913.
3) Phil. Mag. (6) **26**, 1, 476 u. 857, 1913; **27**, 506, 1914; **29**, 332, 1915; **30**, 394, 1915.
4) Münchner Berichte, 425 u. 459, 1915; Ann. d. Phys. (4) **51**, 1 u. 125, 1916.
5) Ann. d. Phys. (4) **50**, 901, 1916.

Dies soll im folgenden bezüglich der Konstantenbestimmung Millikans in § 2 durchgeführt werden und gleichzeitig dabei auch für die spezifische Elektronenladung der aus den Messungen Paschens hervorgehende Wert Verwendung finden. Doch vorher stellt es sich noch als notwendig heraus, die Rechnungen Paschens selbst einer Revision zu unterziehen, wie in § 1 ausgeführt werden soll.

§ 1.

Den Ausgangspunkt für die schon von Bohr erkannten Schlußfolgerungen Paschens bildet die Formel für die Rydbergsche Konstante[1])

$$N_n = \frac{2\pi^2 m e^4}{c h^3 \left(1 + \frac{m}{m_n}\right)},$$

welche nebst dem Elementarquantum e die Elektronenmasse m, das Wirkungsquantum h und die Masse des Atomkernes m_n enthält. Die Konstante c bedeutet die Lichtgeschwindigkeit. Im Grenzfall, bei unendlich großer Masse des Kernes, reduziert sich die Formel zu

$$N_\infty = \frac{2\pi^2 m e^4}{c h^3}. \tag{1}$$

Bezeichnen wir die Masse des Wasserstoffkernes mit m_1 und die des Heliumkernes mit m_2, so erhält man als Formel für die Rydbergsche Konstante des Wasserstoffs

$$N_1 = \frac{N_\infty}{1 + \frac{m}{m_1}}$$

und für die Rydbergsche Konstante des Heliums

$$N_2 = \frac{N_\infty}{1 + \frac{m}{m_2}}.$$

Es gilt somit die Beziehung

$$N_\infty = N_1\left(1 + \frac{m}{m_1}\right) = N_2\left(1 + \frac{m}{m_2}\right).$$

Man hat für die Masse des Wasserstoffatoms

$$M_1 = m_1 + m$$

und für die Masse des Heliumatoms

$$M_2 = m_2 + 2m.$$

Die Doppelgleichung läßt sich somit umwandeln in

$$N_\infty = N_1 \cdot \frac{\frac{M_1}{m}}{\frac{M_1}{m} - 1} = N_2 \frac{\frac{M_2}{m} - 1}{\frac{M_2}{m} - 2}. \tag{2}$$

Durch Messung erhält Paschen[2]):

$$N_1 = 109677{,}691 \pm 0{,}06$$
$$N_2 = 109722{,}144 \pm 0{,}04.$$

Es sind also N_1 und N_2 als bekannt vorauszusetzen; die rechte Hälfte der Doppelgleichung liefert somit eine Beziehung zwischen der Masse des Elektrons und den beiden Atommassen, welche sich in die Gestalt bringen läßt

$$\frac{1}{m^2} - \frac{1}{m}\,\frac{M_2 - M_1 + 2M_1\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)}{M_1 M_2\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)} + \frac{1}{M_1 M_2\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)} = 0.$$

Die allein in Betracht kommende Wurzel dieser quadratischen Gleichung ist

$$\frac{1}{m} = \frac{\frac{M_2 - M_1}{2} + M_1\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right) + \sqrt{\left(\frac{M_2 - M_1}{2}\right)^2 - M_1^2 \frac{N_1}{N_2}\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)}}{M_1 M_2\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)}.$$

Aber auch N_∞ läßt sich jetzt durch dieselben Größen ausdrücken; denn gleichfalls aus (2) folgt die Relation

$$N_\infty = N_2\left(1 + \frac{1}{\frac{M_2}{m} - 2}\right).$$

Dies gibt zusammen mit der vorhergehenden Beziehung die Gleichung

$$\frac{N_\infty - N_2}{N_2} = \frac{-\frac{M_2 - M_1}{2} + M_1\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right) + \sqrt{\left(\frac{M_2 - M_1}{2}\right)^2 - M_1^2 \frac{N_1}{N_2}\left(1 - \frac{N_1}{N_2}\right)}}{M_2 - 2M_1}.$$

Aus den oben gegebenen numerischen Werten Paschens folgt

$$N_2 - N_1 = 44{,}453.$$

1) Sommerfeld, Ann. d. Phys. (4) **51**, 91, 1916.
2) Ann. d. Phys. (4) **50**, 935, 1916.

Der Ausdruck

$$1-\frac{N_1}{N_2}=\frac{N_2-N_1}{N_2}$$

stellt somit eine sehr kleine Größe dar, so daß man den in den obigen Formeln auftretenden Wurzelausdruck mit Vorteil in eine Reihe entwickeln wird. Die diesbezügliche Rechnung liefert

$$\sqrt{\left(\frac{M_2-M_1}{2}\right)^2-M_1^2\frac{N_1}{N_2}\left(1-\frac{N_1}{N_2}\right)}=$$

$$=\frac{M_2-M_1}{2}-\frac{M_1^2}{M_2-M_1}\left(1-\frac{N_1}{N_2}\right)+$$

$$+\frac{M_1^2}{M_2-M_1}\frac{M_2(M_2-2M_1)}{(M_2-M_1)^2}\left(1-\frac{N_1}{N_2}\right)^2+\ldots$$

Dies soll in die betreffenden Formeln eingesetzt werden, wobei es vollkommen ausreicht, im Resultate mit dem zweiten Glied abzubrechen. Zunächst liefert die letzte der beiden Beziehungen

$$N_\infty-N_2=$$

$$=\frac{M_1(N_2-N_1)}{M_2-M_1}\left[1+\frac{M_1M_2}{(M_2-M_1)^2}\frac{N_2-N_1}{N_2}\right] \quad (3)$$

und für die erste erhält man

$$\frac{1}{m}=\frac{M_2-M_1}{M_1M_2}\frac{N_2}{N_2-N_1}+\frac{M_2-2M_1}{M_2(M_2-M_1)}. \quad (4)$$

Um die erhaltenen Formeln praktisch verwerten zu können, hat man noch statt der Masse der Atome die betreffenden Atomgewichte einzuführen. Dies geschieht bekanntlich mittels der Loschmidtschen Zahl pro Mol, welche im Anschluß an Sommerfeld mit L bezeichnet werden soll; es ist dann das Atomgewicht des Wasserstoffs

$$A_1=LM_1$$

und das Atomgewicht des Heliums

$$A_2=LM_2.$$

Was die numerischen Werte betrifft, so legt Paschen seinen Rechnungen die nach der Internationalen Atomgewichtstabelle bis 1915 geltenden Zahlen zugrunde. Für 1916 wurde aber das Internationale Atomgewicht des Heliums von 3,99 auf 4,00 erhöht. Dies gibt eine nicht unbeträchtliche Änderung der von Paschen gerechneten Zahlen. Für die vorliegenden Rechnungen sollen die Atomgewichte direkt den Originalarbeiten entnommen werden, damit die Genauigkeit der verwendeten Zahlen einerseits nicht durch übertriebene Abrundung verschlechtert sei und um andererseits auch die Größe des mittleren Fehlers daraus zu entnehmen. Für Wasserstoff kommen zwei sehr genaue Atomgewichtsbestimmungen[1]) in Betracht: Morley findet 1,00762, Noyes 1,00787. Wir wählen, wie üblich, das Mittel beider Messungen

$$A_1=1{,}0077\pm0{,}00013.$$

Für Helium kommt allein die Atomgewichtsbestimmung aus der Physikalisch-technischen Reichsanstalt von W. Heuse[1]) in Frage, nach welcher sich

$$A_2=4{,}002\pm0{,}0017$$

ergab. Man sieht, daß bei Wasserstoff wenigstens die Berücksichtigung der Abweichung der Atommasse von der Kernmasse schon sehr ins Gewicht fällt.

Durch Einführung der Atomgewichte erhält man aus Formel (3).

$$N_\infty=N_2+$$

$$+\frac{A_1(N_2-N_1)}{A_2-A_1}\left[1+\frac{A_1A_2'}{(A_2-A_1)^2}\frac{N_2-N_1}{N_2}\right]. \quad (5)$$

Bei Berechnung des Fehlers lassen sich die Ausdrücke noch weiter vereinfachen, indem man das Zusatzglied höherer Ordnung auch noch unterdrückt, so daß im vorliegenden Falle der Faktor in der eckigen Klammer wegbleibt. Man erhält dann durch Differentiation

$$\delta N_\infty=(N_2-N_1)\frac{A_2\delta A_1-A_1\delta A_2}{(A_2-A_1)^2}+$$

$$+\frac{A_2\delta N_2-A_1\delta N_1}{A_2-A_1}.$$

Ferner ist es zur Fehlerabschätzung mehr als ausreichend, $A_1=1$ und $A_2=4$ zu setzen, was weiter gibt

$$\delta N_\infty=(N_2-N_1)\left(\frac{4}{9}\delta A_1-\frac{1}{9}\delta A_2\right)+$$

$$+\frac{4}{3}\delta N_2-\frac{1}{3}\delta N_1.$$

Wie man sieht, trägt günstigerweise der ungenauere Wert A_2 relativ weniger zum Fehler des Resultats bei als das genauer bekannte A_1 und ebenso günstig verhält es sich mit den Größen N_1 und N_2. Die numerische Rechnung liefert demnach für den Fehler

$$\delta N_\infty=\pm0{,}003\pm0{,}008\pm0{,}053\pm0{,}020=$$

$$=\pm0{,}057.$$

Der Beitrag, welcher durch die Unsicherheit der Atomgewichte geliefert wird, kommt somit für den Fehler des Resultats in diesem Falle überhaupt kaum in Betracht. Nach Formel (5) läßt sich das Endergebnis der Berechnung schließlich zu

$$N_\infty=109737{,}11\pm0{,}06$$

geben. Die erhaltene Zahl erscheint gegenüber der von Paschen[2]) errechneten nur in letzter Dezimalstelle geändert, indem sie sich von 8 auf 1 erniedrigt hat.

Formel (4) liefert nach Einführung der Atomgewichte die Beziehung

1) Landolt-Börnstein-Roth, Physikalisch-chemische Tabellen, 4. Aufl., S. 3, 1912.

1) Verh. d. D. Phys. Ges. **15**, 518, 1913.
2) Ann. d. Phys. (4) **50**, 936, 1916.

$$\frac{1}{Lm} = \frac{A_2 - A_1}{A_1 A_2} \frac{N_2}{N_2 - N_1} + \frac{A_2 - 2A_1}{A_2(A_2 - A_1)}. \quad (6)$$

Der Ausdruck, welcher im Nenner der linken Seite steht, hat eine sehr einfache physikalische Bedeutung; er stellt sozusagen das Atomgewicht der Elektronen bezogen auf $O = 16$ dar. Indem man die Fehlerrechnung analog wie oben durchführt, wobei es sich aber empfiehlt, die vereinfachte Gleichung logarithmisch nach den in Betracht kommenden Größen zu differenzieren, erhält man die Formel

$$\delta \ln \frac{1}{Lm} = \frac{1}{12} \delta A_2 - \frac{4}{3} \delta A_1 - \frac{\delta N_2 - \delta N_1}{N_2 - N_1}. \quad (7)$$

Setzt man in diese Gleichung die numerischen Werte ein, so bekommt man weiter

$$\delta \ln \frac{1}{Lm} = \pm 0{,}00014 \pm 0{,}00017 \pm 0{,}00090 \pm \pm 0{,}00135 = \pm 0{,}00164.$$

Wie man sieht, liegen hier die Verhältnisse so günstig, daß der Beitrag der beiden Atomgewichte zum Gesamtfehler sogar von der gleichen Größenordnung ist. Ausschlaggebend ist auch hier fast nur die Unsicherheit von N_1 und N_2. Man berechnet schließlich nach Formel (6) als reziprokes Atomgewicht der Elektronen

$$\frac{1}{Lm} = 1832{,}8 \pm 3{,}0.$$

Aus der eben erhaltenen Konstanten leiten sich unmittelbar eine ganze Reihe anderer häufig gebrauchter Zahlen ab, zunächst das Verhältnis der Masse des Wasserstoffatoms zur Elektronenmasse nach der Formel

$$\frac{M_1}{m} = A_1 \cdot \frac{1}{Lm}.$$

Für den Fehler findet man

$$\delta \ln \frac{M_1}{m} = \pm 0{,}00163.$$

Die betreffende Zahl ergibt sich mithin zu

$$\frac{M_1}{m} = 1846{,}9 \pm 3{,}0.$$

Analog ist das Verhältnis der Masse des Heliumatoms zur Elektronenmasse nach der Formel

$$\frac{M_2}{m} = A_2 \cdot \frac{1}{Lm}$$

zu rechnen. Für den Fehler hat man

$$\delta \ln \frac{M_2}{m} = \pm 0{,}00173.$$

Das Resultat der Rechnung schreibt sich

$$\frac{M_2}{m} = 7335 \pm 13.$$

Schließlich erhält man noch als wichtigste Größe die der spezifischen Elektronenladung. Man braucht dazu die Valenzladung, die sogenannte Faradaysche Konstante der Elektrolyse, welche wir im Anschluß an Sommerfeld mit F bezeichnen wollen. Wir nehmen dafür mit Millikan[1]) den Zahlenwert

$$F' = 9649{,}4.$$

Ein Strich bei den Größen, welche elektrische Ladungen bedeuten, soll jeweils andeuten, daß der numerische Wert in elektromagnetischen statt in elektrostatischen Einheiten gemessen sein möge. Mit dem Elementarquantum e besteht die Verknüpfung

$$F = Le.$$

Man findet die spezifische Elektronenladung mithin nach der Formel

$$\frac{e'}{m} = F' \cdot \frac{1}{Lm}.$$

Von einem Fehler der Konstante F' soll abgesehen werden, so daß wir

$$\delta \ln \frac{e'}{m} = \delta \ln \frac{1}{Lm}$$

nehmen. Die numerische Rechnung gibt schließlich

$$\frac{e'}{m} = 1{,}7686 \cdot 10^7, \pm 0{,}0029.$$

Für die gleiche Größe berechnete Paschen[2]) den Wert $1{,}7649 \cdot 10^7$, der sich also nicht unbeträchtlich unterscheidet. Während diese Zahl fast vollständig mit der von G. Neumann[3]) und Cl. Schäfer[4]) aus Ablenkungsmessungen erhaltenen $1{,}765 \cdot 10^7$ übereinstimmt, liegt der oben berechnete richtige Wert sogar etwas höher noch als die gleichfalls aus Ablenkungsversuchen hervorgehende Zahl $1{,}7674 \cdot 10^7$ von K. Wolz (Bucherer)[5]). Sowohl Neumann als auch Wolz schätzen die Genauigkeit ihres Resultats auf $\pm$ 1,5 Promille. Dem aus den Messungen Paschens hervorgehenden Werte kommt ungefähr die gleiche Unsicherheit zu, nämlich $\pm$ 1,6 Promille, wie oben berechnet wurde. Wie wir bereits gesehen haben, rührt der Fehler fast nur von der Ungenauigkeit in der spektroskopischen Messung her, und zwar auch nur von der Unsicherheit, mit welcher die Differenz $N_2 - N_1$ gemessen wird; denn man kann die Formel (7) schreiben

$$\delta \ln \frac{e'}{m} = \frac{1}{12} \delta A_2 - \frac{4}{3} \delta A_1 - \delta \ln (N_2 - N_1). \quad (7')$$

Es genügte also bloß, die Genauigkeit in der Bestimmung der Größe $N_2 - N_1$ zu verbessern, um die Sicherheit des daraus erhaltenen Wertes für die spezifische Elektronenladung noch weiter zu steigern.

1) Phil. Mag. (6) **34**, 13, 1917.
2) Ann. d. Phys. (4) **50**, 936, 1916.
3) Ann. d. Phys. (4) **45**, 529, 1914.
4) Ann. d. Phys. (4) **49**, 934, 1916.
5) Ann. d. Phys. (4) **30**, 273, 1909.

§ 2.

Die Formel (1) des vorigen Paragraphen gestattet nun weiter, auf Grund der bereits berechneten Konstanten zusammen mit dem in der Einleitung schon angeführten Wert des Elementarquantums von Millikan das Plancksche Wirkungsquantum zu berechnen. Für die Lichtgeschwindigkeit soll ebenfalls im Anschluß an Millikan[1]) der Wert

$$c = 2{,}9990 \cdot 10^{10}$$

den Rechnungen zugrunde gelegt werden. Man findet zunächst

$$h^3 = \frac{2\pi^2 e^5}{c\frac{e}{m}N_\infty} = \frac{2\pi^2 e^5}{c^2 \frac{e'}{m} N_\infty}$$

und schließlich

$$h = e \sqrt[3]{\frac{2}{\frac{e'}{m}N_\infty}\left(\frac{\pi e}{c}\right)^2}. \qquad (8)$$

Für den Fehler des Resultates kommt nur die Unsicherheit von e und e'/m in Betracht. Zunächst und mit größerer Genauigkeit läßt sich das Verhältnis von h zu e berechnen. Hierfür ergibt sich der Fehler aus Gleichung

$$\delta \ln \frac{h}{e} = \frac{2}{3}\frac{\delta e}{e} - \frac{1}{3}\delta \ln \frac{e'}{m}$$

zu

$$\delta \ln \frac{h}{e} = \pm 0{,}00070 \pm 0{,}00055 = \pm 0{,}00089.$$

Die numerische Rechnung ergibt somit nach Formal (8) zunächst

$$\frac{h}{e} = 1{,}3710 \cdot 10^{-17}, \pm 0{,}0012.$$

Für h selbst gibt die Fehlerrechnung

$$\delta h = \frac{5}{3}\frac{\delta e}{e} - \frac{1}{3}\delta \ln \frac{e'}{m}$$

und weiter

$$\frac{\delta h}{h} = \pm 0{,}0017 \pm 0{,}0005 = \pm 0{,}0018.$$

Wie man sieht, rührt die Unsicherheit des Wertes für das Plancksche Wirkungsquantum hauptsächlich von der Ungenauigkeit des Elementarquantums her. Das Endergebnis der numerischen Auswertung von Formel (8) ist demnach schließlich

$$h = 6{,}545 \cdot 10^{-27}, \pm 0{,}012.$$

Millikan, der seine Rechnung mit anderen Werten für die spezifische Elektronenladung und die Rydbergsche Konstante durchführt, gibt dafür[2]) den nur ganz unwesentlich abweichenden Zahlenwert $6{,}547 \cdot 10^{-27}, \pm 0{,}011$.

Im Anschluß daran kann sogleich auch der Wert jener Konstanten berechnet werden, welche für die Feinstruktur der Spektrallinien von Wichtigkeit sind. Vor allem spielt die dimensionslose Größe

$$\alpha = \frac{2\pi e^2}{ch}$$

in der Theorie Sommerfelds[1]) eine hervorragende Rolle. Eliminiert man h nach Formel (8), so läßt sich dafür schreiben

$$\alpha = \sqrt[3]{4\frac{e'}{m}N_\infty \frac{\pi e}{c}}.$$

Demnach ergibt sich für den Fehler

$$\frac{\delta\alpha}{\alpha} = \frac{1}{3}\delta \ln \frac{e'}{m} + \frac{1}{3}\frac{\delta e}{e}$$

und weiter numerisch

$$\frac{\delta\alpha}{\alpha} = \pm 0{,}00055 \pm 0{,}00035 = \pm 0{,}00065.$$

Der für die Konstante sich ergebende Zahlenwert ist schließlich

$$\alpha = 7{,}295 \cdot 10^{-3}, \pm 0{,}005.$$

Als Maßeinheit weitgehende Verwendung findet bei Sommerfeld[2]) ferner die sich ohne weiteres daraus ergebende Größe

$$\Delta r = \frac{N_\infty \alpha^2}{2^4},$$

welche die konstante Schwingungszahlendifferenz des Dubletts der Balmerschen Serie mißt. Für den Fehler hat man einfach

$$\frac{\delta \Delta r}{\Delta r} = 2\frac{\delta\alpha}{\alpha} = \pm 0{,}0013.$$

Man findet schließlich durch die numerische Rechnung

$$\Delta r = 0{,}3650 \pm 0{,}0005.$$

Diese Zahlenwerte lassen sich, wie man sieht, sehr scharf angeben und könnten vielleicht bei einer Neubestimmung der Differenz $N_2 - N_1$ behufs noch genauerer Ermittlung der spezifischen Elektronenladung gute Dienste leisten.

Schließlich sollen noch die Konstanten der schwarzen Strahlung berechnet werden. Besonders einfach erhält man die Exponentialkonstante des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes[3]) nach der Formel

$$c_2 = \frac{ch}{k}.$$

Hierin tritt neu die Entropiekonstante k auf, welche mit der allgemeinen, molaren Gaskonstante R durch die Beziehung

$$k = \frac{R}{L}$$

verknüpft ist. Die Loschmidtsche Zahl läßt sich durch das Verhältnis von Valenzladung zu

1) Diese Zeitschr. **14**, 810, 1913.
2) Phil. Mag. (6) **34**, 15, 1917.

1) Ann. d. Phys. (4) **51**, 51, 1916.
2) Ann. d. Phys. (4) **51**, 68, 1916.
3) Planck, Theorie der Wärmestrahlung, 2. Aufl. S. 163, Leipzig 1913.

Elementarquantum ersetzen, so daß man weiter schreiben kann

$$k = \frac{Re}{cF'}.$$

Man erhält also auch hier zunächst genauer das Verhältnis k zu e nach der Formel

$$\frac{k}{e} = \frac{R}{cF'}.$$

Den numerischen Wert von R rechnen wir aus der Beziehung

$$P_0 V_0 = R T_0$$

in Anschluß an Millikan[1]) zu

$$R = \frac{1013700 \cdot 22412}{273{,}11},$$

während die Valenzladung in Übereinstimmung mit dem Früheren aus den Daten der Silberelektrolyse als

$$F' = \frac{107{,}88}{0{,}01118}$$

zu nehmen ist. So erhält man als numerisches Resultat

$$\frac{k}{e} = 2{,}8746 \cdot 10^{-7}.$$

Es empfiehlt sich demnach, die Exponentialkonstante des Strahlungsgesetzes nach dem Schema

$$c_2 = c\frac{h}{e} : \frac{k}{e}$$

zu berechnen. Indem wir von einem von k/e herrührenden Fehler absehen können, folgt einfach

$$\frac{\delta c_2}{c_2} = \delta \ln \frac{h}{e} = \pm 0{,}00089.$$

Die numerische Berechnung liefert schließlich

$$c_2 = 1{,}4304 \pm 0{,}0013.$$

Die Dimension dieser Konstante ist Zentimeter-Grad C. Wenn E. Warburg und C. Müller[2]) als Gesamtergebnis des Experiments für diese Größe 14300 Mikron-Grad C setzen, so ist dieser Zahlenwert mit dem obigen Resultat der theoretischen Berechnung in vollster Übereinstimmung.

Für die Konstante des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes bezüglich der Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers pro Flächeneinheit gilt nach Planck[3]) die Formel

$$\sigma = \frac{12\pi k^4}{c^2 h^3}\left(1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{4^4} + \dots\right)$$

1) Diese Zeitschr. **14**, 811, 1913.
2) Ann. d. Phys. (4) **48**, 430, 1915.
3) Theorie der Wärmestrahlung, 2. Aufl., S. 64 u. 165, Leipzig 1913.

Die Summe der eingeklammerten unendlichen Reihe läßt sich nach der schon von Euler herrührenden Entwicklung der Bernoullischen Zahlen[1])

$$B_{2n} = (-)^{n-1}\, 2\frac{(2n)!}{(2\pi)^{2n}}\left(1 + \frac{1}{2^{2n}} + \frac{1}{3^{2n}} + \frac{1}{4^{2n}} + \dots\right)$$

ermitteln. Für $n = 2$ erhält man nämlich

$$B_4 = -\frac{3}{\pi^4}\left(1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{4^4} + \dots\right).$$

Andererseits folgt aus der Rekursionsformel für die Bernoullischen Zahlen

$$B_4 = -\frac{1}{30}.$$

Dies liefert also für die betrachtete Reihe die Beziehung

$$\frac{\pi^4}{90} = 1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{4^4} + \dots \quad (9)$$

Die diesbezügliche Formel der Strahlungstheorie läßt sich demnach einfacher schreiben

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3}. \quad (10)$$

In Hinblick auf die numerische Auswertung empfiehlt sich zunächst die Umformung

$$\sigma = \frac{2\pi^5 e\left(\frac{k}{e}\right)^4}{15 c^2 \left(\frac{h}{e}\right)^3}$$

und weiter mit Benutzung der Formel (8)

$$\sigma = \left(\pi\frac{k}{e}\right)^4 \frac{\frac{e'}{m} N_\infty}{15\pi e}.$$

Die Durchführung der Fehlerrechnung analog wie früher liefert demnach

$$\frac{\delta\sigma}{\sigma} = \delta \ln \frac{e'}{m} - \frac{\delta e}{e}.$$

und weiter numerisch

$$\frac{\delta\sigma}{\sigma} = \pm 0{,}0016 \pm 0{,}0010 = \pm 0{,}0019.$$

Als Endresultat der Berechnung erhält man schließlich die Zahl

$$\sigma = 5{,}738 \cdot 10^{-5}, \pm 0{,}011.$$

Der derzeit aus den direkten Messungen hierzulande[2]) gefolgerte Wert $5{,}4 \cdot 10^{-5}$ müßte demnach viel zu niedrig sein. Dagegen zieht Coblentz in seinem zusammenfassenden Bericht[3]) aus allen vorhandenen Experimenten den

1) Pascal, Repertorium der höheren Mathematik, 2. Aufl., I 1, S. 520, 1910.
2) Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, 12. Aufl., 376, 1914.
3) Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. **10**, 367, 1913.

Schluß $5{,}7 \cdot 10^{-5}$ für die Größenordnung des Zahlenwertes der betrachteten Strahlungskonstante, was mit dem Resultat der obigen Berechnung in Übereinstimmung steht.

Millikan[1]) rechnet für die betrachteten Strahlungskonstanten die Werte $c_2 = 1{,}4312 \pm 0{,}0030$ und $\sigma = 5{,}72 \cdot 10^{-5}, \pm 0{,}034$. Während die Zahlen selbst von den oben berechneten kaum beträchtlich abweichen, sind die von Millikan gegebenen Fehler viel zu groß, trotzdem er sie eigentlich kleiner erhalten sollte, da er allein die Unsicherheit des von ihm bestimmten Elementarquantums in Rechnung setzt. Es ist eben unbedingt nötig, in den Formeln immer wieder bis auf die der ganzen Berechnung ursprünglich zugrundeliegenden Konstanten zurückzugehen, wenn man den richtigen Wert für den Fehler erhalten will. Die Genauigkeit, mit welcher die Theorie die betrachteten Größen zu berechnen gestattet, ist demnach ganz außerordentlich groß.

Zusammenfassung.

Unter Zugrundelegung der genauesten Werte für die Atomgewichte von Wasserstoff und Helium und mit Berücksichtigung aller Korrekturen wird eine Neuberechnung der Zahlen für die reduzierte Rydbergsche Konstante und die spezifische Elektronenladung auf Grund der Messungen Paschens unternommen, als deren Resultat sich ergab:

$$N_\infty = 109737{,}11 \pm 0{,}06$$
$$\frac{e}{m} = 1{,}7686 \cdot 10^7, \pm 0{,}0029.$$

Durch Hinzuziehen des neuesten Wertes für das Elementarquantum von Millikan

$$e = 4{,}774 \cdot 10^{-10}, \pm 0{,}005$$

werden daraus weiter die Zahlenwerte einer ganzen Reihe anderer wichtiger physikalischer Größen bestimmt. So ergaben sich für das Plancksche Wirkungsquantum h, die fundamentale Konstante α in Sommerfelds Theorie der Spektrallinien, die Schwingungszahlendifferenz Δr des Dubletts der Balmer-Serie, die Exponentialkonstante c_2 des Wien-Planckschen Strahlungsgesetzes und schließlich die Konstante des Stefan-Boltzmannschen Gesetzes σ betreffend die Gesamtstrahlung des schwarzen Körpers pro Flächeneinheit die folgenden Zahlen:

$$h = 6{,}545 \cdot 10^{-27}, \pm 0{,}012$$
$$\alpha = 7{,}295 \cdot 10^{-3}, \pm 0{,}005$$
$$\Delta r = 0{,}3650 \pm 0{,}0005$$
$$c_2 = 1{,}4304 \pm 0{,}0013$$
$$\sigma = 5{,}738 \cdot 10^{-5}, \pm 0{,}011.$$

Daneben wird auch gezeigt, daß vermöge der Beziehung

$$\frac{\pi^4}{90} = 1 + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{4^4} + \ldots$$

die aus Plancks Theorie hervorgehende Formel für σ die Gestalt annimmt:

$$\sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15 c^2 h^3}.$$

Die Berechnung von Millikan weist für die Fehler der Strahlungskonstanten c_2 und σ viel zu hohe Werte auf.

Wien, Physikalisches Laboratorium der k. k. technischen Hochschule.

(Eingegangen 19. September 1917.)

1) Phil. Mag. (6) **34**, 15 u. 16, 1917.

Personalien.

(Die Herausgeber bitten die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Habilitiert: An der Technischen Hochschule Prag der ord. Professor für Physik, Maschinenkunde, und Meteorologie an der Deutschen Landwirtschaftlichen Akademie zu Tetschen-Liebwerd Dr. techn. Heinrich Werth, an der Universität Münster Dr. Wilhelm Gluud für Chemie.

Ernannt: Der a. o. Professor an der Universität Graz Dr. Anton Skrabal zum ord. Professor der Chemie an derselben Universität, der Lehrer an einer Amsterdamer Höheren Bürgerschule Dr. F. E. C. Scheffer zum Professor der analytischen Chemie nnd der Chemie der Baumaterialien an der Technischen Hochschule in Delft.

Berufen: An die Universität Warschau Professor Dr. Pätzold (bisher in Lemberg) für Chemie an die Technische Hochschule Warschau Dr. Leo Marchlewski (bisher für medizinische Chemie an der Universität Krakau) für organische Chemie.

Verliehen: Dem Dozenten für elektrische Kraftanlagen und Bahnen an der Technischen Hochschule Berlin Direktor des Dynamowerkes der Siemens-Schuckert-Werke Dr. Walter Reichel und dem ord. Honorarprofessor für Chemie an der Technischen Hochschule Berlin und Direktor des Kaiser-Wilhelm-Institutes für Kohlenforschung in Mülheim Dr. Franz Fischer der Titel Geh. Regierungsrat, dem Herausgeber der „Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht", bisherigen Oberlehrer am Askanischen Gymnasium in Berlin Professor Dr. Friedrich Poske der Titel Geh. Studienrat, dem Herausgeber der Zeitschriften „Petroleum" und „Montanistische Rundschau" Ingenieur Robert Schwarz der Titel Kaiserlicher Rat.

Gestorben: Der frühere ord. Professor der Farbenchemie an der Universität Basel Dr. Rudolf Nietzki, der frühere Professor für Entwerfen chemischer Anlagen an der Technischen Hochschule Berlin (Verfasser des Werkes „Der Salpeter und sein Ersatz") Professor Dr. Konrad W. Jurisch.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1917/18.

Technische Hochschule Aachen.

Starke: Experimentalphysik I, 4; Übungen im physikalischen Laboratorium: a) Praktikum für Studierende des Maschinenbaufachs, der Elektrotechnik, des Hüttenfachs und der Chemie, nach Vereinbarung, b) Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl., c) Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 2. — **Seitz**: Mechanische Wärmetheorie, 2; Theoretische Physik, 2; Experimentalphysik, enzyklopädischer Kurs, 2. — **Steubing**: Photographie, 1 und II, 1, Übungen, 3; Drahtlose Telegraphie, 1. — **Hopf**: Relativitäts- und Gravitationstheorie, 1; Mechanik des Schiffes, 1. — **Polis**: Allgemeine Meteorologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Meteorologie, 1; Meteorologische Technik, 1, Übungen, 2—4. — **Grotrian**: Physikalische Grundlagen der Elektrotechnik, 5; Theoretische Elektrotechnik, 3; Elektrotechnisches Praktikum: a) für Elektroingenieure, 8, b) für Maschineningenieure, 5. — **N. N.**: Ausgewählte Kapitel der praktischen Elektrotechnik, 1; Einleitung in die Elektrotechnik, 2; Konstruktionslehre der Elektrotechnik, 3; Elektrotechnische Konstruktionsübungen, 2. — **Finzi**: Elektrische Zentralanlagen und Leitungen, 2. — **Hamacher**: Praktische Telegraphie und Telephonie, 2. —

Bredt: Organische Experimentalchemie II, 3; Organisches Praktikum, tägl. — **Classen**: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 4; Anorganisches Praktikum für Chemiker, Hüttenleute und Bergleute, tägl. außer Sonnabend; Elektroanalytisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Rau**: Chemische Technologie I: Allgemeine Feuerungskunde, 2, III, 2; Entwerfen von chemischen Apparaten und Fabrikanlagen, 4; Chemisch-technisches Praktikum, tägl. — **Ruer**: Physikalische Chemie I, 3; Übungen in physikalischer Chemie für Hüttenleute, 3, für Chemiker, 1 Vormittag, für Fortgeschrittene, ganz- und halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Allgemeines hüttenmännisches Praktikum, 3. — **Fischer**: Analytische Chemie, 2; Allgemeine Elektrochemie, 2. — **v. Kapff**: Chemische Technologie der Gespinstfasern: Färberei, Bleicherei usw., 2, Übungen, 2. — **Schumacher**: Chemie der Nahrungs- und Genußmittel, 2. — **Levy**: Alizyklische Verbindungen, 2. — **Lipp**: Chemie der Alkaloide, 2. — **Scheen**: Experimentalchemie, enz. Kursus, 2. —

Blumenthal: Höhere Mathematik II, 3, Übungen, 1. — **Hamel**: Höhere Mathematik I, 6—4, Übungen, 2. **v. Kármán**: Mechanik I, 5, Übungen, 1. — **Kötter**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel aus der graphischen Statik, 1. — **Gasiorowski**: Beleuchtungslehre, 2. — **Trefftz**: Graphische Methoden der mathematischen Analysis, 2. — **Wilski**: Übungen in Markscheiden und Feldmessen, 1 Nachmittag; Abriß der Markscheide- und Feldmeßkunde, 2; Ausgleichungsrechnung, 2, Übungen, 1; Geophysik, 1; Trigonometrische Übungen, 1. — **Wandhoff**: Markscheiden und Feldmessen I, 4; Markscheiderische Zeichen- und Rechenübungen, 2. — **Gast**: Praktische Geometrie I, 3, II, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum I, 2; Geodätische Ausarbeitungen, 4; Eisenbahntrassieren, 2; Höhere Geodäsie, 2. —

Technische Hochschule Brünn.

Jaumann: Allgemeine und technische Physik, $3^1/_2$; Theoretische Physik, $1^1/_2$; Physikalisches Praktikum (mit Lohr), 3, für Bauingenieure (mit Szarvassi), 3. — **Szarvassi**: Elektrizitätsleitung in Gasen, 2. — **Lohr**: Elektromagnetische Theorien für bewegte Körper (Fortsetzung), 1. — **Zickler**: Allgemeine Elektrotechnik, 5; Elektrotechnisches Praktikum II, 8. — **N. N.**: Bau elektrischer Maschinen II, 3; Projektierung elektrischer Anlagen, einschließlich elektrischer Arbeitsübertragung, 2; Elektrotechnische Konstruktionsübungen I, 10, II, 2. — **Siegel**: Elemente der Elektrotechnik, 2. — **Filepek**: Telegraphie und Telephonie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der Telegraphie und Telephonie, 2. — **Srnka**: Drahtlose Telegraphie, $1^1/_2$. —

Frenzel: Anorganische Chemie, 6; Analytische Chemie II: Spezielle analytische Methoden, 2; Chemische Übungen Ia, 24, IIa, $19^1/_2$; Elektrochemisches Praktikum, 3; Physikalische Chemie II, 3. — **Hönig**: Organische Chemie II, 4; Ausgewählte Kapitel der Tier- und Pflanzenchemie, $1^1/_2$; Agrikulturchemie, 3; Chemische Übungen aus Agrikultur- und Nahrungsmittelchemie, 11. — **Ulrich**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemische Technologie organischer Stoffe II 1, 5; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie II, insbesondere der Farb- und Faserstoffe, I, 14; Spezielle chemische Technologie der Farbstoffe, 1; Grundzüge der Textilchemie, 1. — **Kurtenacker**: Mikrochemische Analyse, 1, Übungen, 2. — **Gröger**: Enzyklopädie der technischen Chemie, $1^1/_2$ und 3. — **Knöpfer**: Konstitutionsbestimmungen organischer Verbindungen, 2. — **Suida**: Repetitorium der organischen Chemie, 1; Grundzüge der Photochemie, 1. — **Donath**: Chemische Techologie anorganischer Stoffe I, 3, II, 3; Chemische Technologie organischer Stoffe I, 3; Übungen im Laboratorium für chemische Technologie I 1 (mit Margosches), 20. — **Margosches**: Chemische Technologie organischer Stoffe III, 2; Chemische Technologie III: Anleitung zu technisch-chemischen Untersuchungen, 2; Chemische Technologie der organischen Kolloide, 2. —

Tietz: Mathematik Ia, 7, Korrepetitionen, 1. — **Waelsch**: Mathematik Ib, 4, Korrepetitionen, 1, II, 2, 3, Korrepetitionen, 1; Elemente der höheren Mathematik, 4, Korrepetitionen, 1; Elliptische Funktionen, 2; Darstellende Geometrie I und konstruktives Zeichnen, 4, Übungen, 8. — **Benze**: Wahrscheinlichkeitsrechnung I (in elementarer Darstellung), 2; Mathematische Statistik, 2. — **Fanta**: Versicherungsmathematik II, 2, Übungen, 1; — **Tranquillini**: Technisches Zeichnen I: Elemente des Hochbaues, 2, Übungen, 4. — **Löschner**: Technisches Zeichnen II: Plan- und Geländezeichnen, 4; Plan- und Geländezeichnen: Situationszeichnen, 4; Niedere Geodäsie, 5; Vermessungsübungen I, Zimmerübungen, $4^1/_2$; Elemente der niederen Geodäsie, Situationszeichnen, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 3. — **N. N.** Technisches Zeichnen: Maschinenzeichnen, Übungen, 6. — **Leon**: Mechanik IIa: Kinetik starrer Systeme, $3^1/_2$, Übungen, 2, IIb: Hydromechanik, $1^1/_2$; Ausgewählte Kapitel aus der Mechanik, 2. — **Lechner**: Experimentalmechanik: Theorie mechanischer Meßapparate und Versuchsanordnungen, 2; Aeromechanik, $1^1/_2$; Theoretische Ballistik: Mechanik der Geschoßbewegung, 1; Mechanische Rechenübungen, $1^1/_2$. —

Technische Hochschule Dresden.

Hallwachs: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 oder 3, II, einschließlich Laboratoriumstechnik, für Fortgeschrittene, 9; Praktikum für größere physikalische Arbeiten, 20; Physikalisches Kolloquium, Referate über neue Arbeiten (mit Helm und Toepler), 14 tägig, 2 *g*. — **Toepler**: Theoretische Physik II: Wärme, 4, Übungen, 1 *g*. — **Luther**: Photographisches Praktikum, 4 und 8; Selbständige Arbeiten im wissenschaftlich-photographischen Institute, 2 und 4, außerdem ganz- und halbtägig. — **Görges**: Allgemeine Elektrotechnik II, 2; Theorie des Wechselstromes II, 4; Starkstromanlagen II, mit seminaristischen Übungen, 2; Elektrotechnische Übungen für Geübtere, 8; Elektrotechnisches Praktikum für Maschinen-, Elektro-, Betriebs- u. Fabrik-Ingenieure u. Chemiker, 4; Größere elektrotechnische Spezialarbeiten, 20. — **Heubach**: Elektromaschinenbau II, 2, IV, 2. — **Möllering**: Eisenbahnsignalwesen, 2; Telegraphie und Telephonie: Wissenschaftliche Grundlagen, mit Demonstrationen, 2. — **Wagner**: Übungen im Gebiete des Elektromaschinenbaues für Elektroingenieure, 4 oder 8, für Maschinen- und

Betriebsingenieure, 4; Heizer und Maschinistenkursus für Studierende, nach Verabredung. —

F. Foerster: Metallurgie, 2; Chemische Großindustrie, 2; Ausgewählte Kapitel aus der speziellen anorganischen Chemie, 2; Anorganisch-chemisches Praktikum: Qualitative Analyse, 12; Gewichts-, Maß- und Gasanalyse, Präparate, ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Elektrochemie und physikalischen Chemie, ganztägig. — **Renk**: Nahrungsmittelchemie, 2; Wohnungshygiene, 1; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Nahrungsmittelchemiker, tägl. außer Sonnabend. — **Scholl**: Organische Chemie, 5; Organisch-chemisches Praktikum, halb- und ganztägig, tägl. außer Sonnabend; Praktikum für Farbenchemie, 8; Praktikum für größere Arbeiten auf dem Gebiete der Farbenchemie bzw. Färbereitechnik, tägl. außer Sonnabend. — **König**: Chemie des Steinkohlenteers, 2: Chemie der Textilindustrie: Gewinnung der Spinnfasern und ihre Veredelung, 2. — **v. Walther**: Chemie und Technologie der Riechstoffe, 2. — **Dietz**: Chemische Technologie der Tonwaren, 1. —

Krause: Höhere Mathematik II, 4, Übungen, 2; Höhere Mathematik für die Hochbau- und Chem. Abteilung, 2; Einleitung in die Theorie der komplexen Funktionen, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*; Seminaristische Übungen für Physiker (mit Naetsch), 1 *g*. — **Helm**: Höhere Mathematik IV, 3, Seminaristische Übungen (mit Naetsch), 14tägig, 2; Die geschichtliche Entwicklung der Elektrodynamik, 2; Ergänzungen und Übungen zur Potentialtheorie, 2 *g*; Physikalisches Kolloquium, 1. — **Ludwig**: Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 4; Perspektive, mit Übungen, 1; Differentialgeometrie der Raumkurven und Flächen, 3; Seminaristische Übungen über höhere Geometrie, 1 *g*. — **Naetsch**: Analytische Geometrie der Flächen zweiten Grades, 3; Elementare Algebra und Analysis, 2; Berührungstransformationen der Ebene und des Raumes, 1. — **Pattenhausen**: Geodäsie I, 2; Übungen, 2, II, 3, Übungen, 2; Höhere Geodäsie II, 2, Seminaristische Übungen, 2; Stadtvermessung, 1; Geodätische Ausarbeitungen für Bauingenieure, 2; Graphische Ausarbeitungen für Verm.-Ingenieure, 2; Skizzieren geodätischer Instrumente, 2; Katastervermessung, Übungen, 2; Planzeichnen I, Übungen, 2. —

Universität Graz.

N. N.: Experimentalphysik I, für Mediziner, zugleich Einführung in die Physik für Lehramtskandidaten, 4; Physikalische Übungen I, für Chemiker und Naturhistoriker, 6 *g*, II, für Mathematiker und Physiker, 6 *g*; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Streintz**: Elektrochemie, I, 2. — **Rosenberg**: Übungen in der Anstellung physikalischer Schulversuche, 3 *g*. — **Waßmuth**: Neuere Untersuchungen aus dem Gebiete der statistischen Mechanik, 1 *g*. — **Radakovic**: Seminar für theoretische Physik, 2 *g*; Besprechung physikalischer Fragen, 1 *g*. —

N. N.: Allgemeine und anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen für Anfänger (mit Skrabal), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4, für Vorgeschrittene, tägl. — **Kremann**: Physikalische Chemie V, 2; Physikalisch-chemische Arbeitsmethoden, 3; Physikalisch-chemisches und elektro-chemisches Praktikum, tägl. — **Skrabal**: Pharmazeutische Chemie, 4; Chemische Übungen für Anfänger, tägl. außer Sonnabend; Praktikum aus anorganischer und analytischer Chemie für Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend. — **v. Hemmelmayr**: Chemische Fabrikindustrie der anorganischen Stoffe, mit Exkursionen, 2; Experimentierübungen, chemische Schulversuche, für Lehramtskandidaten, 2. —

v. Dantscher: Allgemeine Arithmetik: Einleitung in die Analytik, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **v. Daublebsky**: Grundzüge der analytischen Geometrie, 5; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Streißler**: Darstellende Geometrie: Orthogonale Projektionsmethode, 3. — **Hillebrand**: Theoretische Astronomie in elementarer Darstellung, 3; Theorie der Figur der Himmelskörper, mit besonderer Berücksichtigung des kosmogonischen Problems, III, 2. —

Technische Hochschule Graz.

v. Ettingshausen: Physik für Ingenieure: Mechanik der festen, flüssigen und gasförmigen Körper, Wärme, Elemente der mechanischen Wärmetheorie, Magnetismus, Elektrostatik, Galvanismus, Elektromagnetismus, Induktion, 5; Elektrotechnik, $3^1/_2$, Elektrotechnische Übungen: Praktische Messungen, 8; Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2. — **Streintz**: Physik für technische Chemiker: Mechanik, Optik und Wärmelehre, 5, für Geodäten: Mechanik und geometrische Optik, 5. —

Emich: Anorganische Chemie, 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im chemischen Laboratorium, für Vorgeschrittene; Anleitung zur mikrochemischen Analyse, für Vorgeschrittene (mit Donau), nach Verabredung. — **Andreasch**: Qualitative chemische Analyse I, 2, Laboratoriumsunterricht und Übungen I, 14; Chemische Technologie der organischen Stoffe: Technologie der Kohlenhydrate und Gärungsgewerbe, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der Darstellung organisch-chemischer Präparate, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie und der chemischen Technologie organischer Stoffe, für Vorgeschrittene. — **B. Reinitzer**: Quantitative chemische Analyse I, 1, Seminar, 2; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der quantitativen chemischen Gewichtsanalyse, 20; Chemische Technologie der anorganischen Stoffe: Eisen- und Metallhüttenkunde, 4; Laboratoriumsunterricht und Übungen in der anorganisch-technisch-chemischen Analyse, 20; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten aus dem Gebiete der anorganischen Chemie und der chemischen Technologie anorganischer Stoffe, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **v. Cordier**: Moderne Theorie der organischen Chemie, 1. — **Kremann**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Chemie I, 2. — **Donau**: Kolloidchemie II, 1. — **Fuhrmann**: Photographie: Negativ- und Positivprozeß in Theorie und Praxis, einschließlich Apparatenkunde, 1. — **v. Hemmelmayr**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2. —

Hocevar: Mathematik I: Algebra und Analysis, Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 6, Übungen (mit Weitzenböck), 2. — **Weitzenböck**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Einführung in die Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichsrechnung, 1. — **v. Peithner**: Mathematik II: Geometrie, Integralrechnung, Differentialgleichungen, 2, Übungen (mit Weitzenböck), 2. — **Schüßler**: Darstellende Geometrie, 5, Repetitorium, 2, Übungen, 6, Seminarübungen: Unterseminar, 2, Oberseminar, 2; Projektive Geometrie I, 3, Übungen, 3. — **Wittenbauer**: Allgemeine Mechanik, einschließlich der Elemente der graphischen Statik I, 4, Übungen, 3 und 2; Technische Mechanik I: Theorie der Elastizität, Festigkeitslehre, 4. — **Klingatsch**: Niedere Geodäsie, 4; Elemente der niederen Geodäsie, 4; Geodätische Zimmerübungen, $1^1/_2$ und 2; Situations- und Terraindarstellung, 4 und 2; Höhere Geodäsie: Methode der kleinsten Quadrate, Das Präzisions-Nivellement, Landesvermessung, 4; Geodätisches Seminar, 6. —

Universität Greifswald.

Stark: Experimentalphysik II: Elektrodynamik, Atomdynamik, Optik, Thermodynamik, 5; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner und Pharmazeuten, 2; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Besprechung neuer physikalischer Arbeiten, 14tägig, 2 *g*. —

Dimroth: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum: a) anorganische Abteilung, b) organische Abteilung (mit Posner), c) für Pharmazeuten und Nahrungsmittelchemiker (mit Scholtz), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner (mit Scholtz), 4, Erläuterungen, $^1/_2$ *g*. — **Scholtz**: Pharmazeutische Chemie, anorganischer Teil, 3;

Ausmittelung der Gifte, 1; Pharmazeutisches Kolloquium, 1 *g*. — **Posner**: Synthetische Methoden der organischen Chemie, 2; Besprechung neuerer Arbeiten aus dem Gebiete der organischen Chemie, 1 *g*. —

Hausdorff: Funktionentheorie: Funktion von komplexen Veränderlichen, 4; Analytische Geometrie, 3, Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Thaer**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 1 *g*; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 4. —

Universität Halle.

Mie: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 5; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Kleines physikalisches Praktikum für Mediziner, Pharmazeuten und Landwirte, 3; Erläuterungen zu den physikalischen Übungen, 2 *g*; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl. — **Schmidt**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Übergangspraktikum für angewandte Physik, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Wigand**: Über Elektronen und Ionen, 1; Physikalisches Handfertigkeitspraktikum, 1 Nachmittag. —

Tubandt: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im Chemischen Laboratorium (mit Schulze), tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemisches Übungspraktikum, 4; Besprechung neuerer physiko-chemischer und elektrochemischer Arbeiten, 2 *g*. — **Schulze**: Besprechung der Arzneimittelprüfungen, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. — **Erdmann**: Ausgewählte Kapitel aus der chemischen Technologie, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner, 4; Praktische Übungen im Laboratorium für angewandte Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Baumert**: Einführung in die gerichtlich-chemische Analyse, 1 *g*; Gerichtliche Chemie, 2; Praktische Übungen im Laboratorium für Nahrungsmittelchemie, tägl. außer Sonnabend; Gerichtlich-chemisches Praktikum, 3. —

Wangerin: Integralrechnung, mit Übungen, 4; Analytische Mechanik II, 2; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, für Kriegsteilnehmer, 2 *g*; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Gutzmer**: Theorie der elliptischen Funktionen, 4; Synthetische Geometrie, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, für Kriegsteilnehmer, 2 *g*; Übungen des Mathematischen Seminars, 1 *g*. — **Eberhard**: Numerische Gleichungen, 2; Analytische Geometrie des Raumes, 3; Mathematisches Kolloquium, 1 *g*. — **Grammel**: Darstellende Geometrie, 2, Übungen, 2 *g*; Kreiseltheorie mit Anwendungen, 2. — **Buchholz**: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Ausgleichung der Beobachtungsfehler: Methode der kleinsten Quadrate, 1; Theorie der Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 2. —

Technische Hochschule Hannover.

Precht: Experimentalphysik, 4; Arbeiten im Laboratorium der Physik, 4. — **Leithäuser**: Grundzüge der Physik, 3; Praktische Physik, 2; Photographie, mit Übungen, 4. — **Kohlrausch**: Grundzüge der Elektrotechnik, 3; Theoretische Elektrotechnik, 4; Elektrotechnisches Laboratorium I, 8, II, 16, III, für Maschinen-Ingenieure, 8; Elektrotechnisches Kolloquium, 14tägig, 2 *g*. — **Heim**: Elektrische Anlagen I, 3, Übungen, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen und Transformatoren, 2, Übungen, 2; Elektrische Bahnen, 2; Elektrische Kraftübertragung, 2. — **Beckmann**: Praktische Elektrotechnik für Anfänger, 1; Elektrotechnische Meßkunde I, 2; Die Wicklungen der elektrischen Maschinen, 1 *g*. — **Brückmann**: Turbogeneratoren, 1 *g*; Elektrotechnisches Seminar, 1. —

Seubert: Anorganische Chemie, 4; Arbeiten im Laboratorium der anorganischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Eschweiler**: Analytische Chemie, 3. — **Behrend**: Organische Chemie, 3; Arbeiten im Laboratorium der organischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Ost**: Grundzüge der chemischen Technologie, 2; Allgemeine chemische Technologie, 4, Übungen, 2; Arbeiten im Laboratorium der technischen Chemie, tägl. außer Sonnabend. — **Bodenstein**: Physikalische Chemie, 3; Elektrochemische Übungen, 4; Arbeiten im elektrochemischen Institut, tägl.; Übungen in der Elektroanalyse, 7. — **Jänecke**: Unsere Kalilager, 1; Die physikalische Chemie der heterogenen Gleichgewichte, 1. — **Laves**: Grundzüge der Nahrungsmittelchemie, 2. —

Kiepert: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2, III, 2; Ausgewählte Kapitel der Mathematik: Geometrie der Lage, 3. — **Müller**: Höhere Mathematik II A, 6, Übungen, 2; Elliptische Funktionen, 2; Mathematisches Seminar (mit Rodenberg und Salkowski), 2 *g*. — **Salkowski**: Grundzüge der höheren Mathematik, besonders für Architekten und Chemiker, 3, Übungen, 1; Praktische Mathematik, 2, Übungen, 2; Vektoranalysis, 2. — **Rodenberg**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen 6; Darstellende Geometrie II, 3, Übungen, 6. — **Petzold**: Algebraische Analysis und Trigonometrie, 3. — **Prange**: Ausgewählte Kapitel der Elastizitätslehre, 2; Wahrscheinlichkeitsrechnung und deren Anwendung auf Statistik, 2. — **Oertel**: Geodäsie I, 4, Übungen, 2, II, 2, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 2. — **Pröll**: Mechanik I, 3, Übungen, 1, II, 4, Übungen, 1, III, 3, Übungen, 1; Aeromechanik in ihrer Anwendung auf Motorluftschiffe und Flugzeuge, 1. —

Universität Heidelberg.

Lenard: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Praktikum (mit Becker), 6; Physikalisches Seminar und Kolloquium, 1 *g*; Wissenschaftliche Arbeiten Fortgeschrittener im physikalischen und radiologischen Institut (mit Becker), tägl. außer Sonnabend. — **Becker**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4; Die Prinzipe der Mechanik, 1. — **Schmidt**: Photographische Kurse für Anfänger und Vorgeschrittene, 2. —

Curtius: Experimentalchemie II: Organische Verbindungen, 4, Metalle, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger und für Geübtere in anorganischer, organischer, physikalischer, analytischer und pharmazeutischer Chemie (mit Jannasch, Trautz, Müller und Schrader), tägl. außer Sonnabend, für Mediziner und Lehramtskandidaten, halbtägig. — **Schrader**: Geschichte der Chemie, 2. — **Krafft**: Anorganische Chemie, 4; Praktisch-chemische Übungen und Arbeiten im Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Chemisches Anfängerpraktikum, 5 oder 3 Halbtage. — **Stollé**: Qualitative Analyse; Pharmazeutische Chemie II, organischer Teil. — **Jannasch**: Gewichtsanalyse, 2; Chemische Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 1; Gasanalytisches Praktikum (mit Müller), 4; Analytisches Praktikum zur Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, 5. — **Knoevenagel**: Chemie der Benzolderivate; Chemie und Technologie der Teerfarbstoffe. — **Trautz**: Physikalische Chemie: Elektrochemie, Thermochemie, Molekulartheorie, chemische Gleichgewichte, 3; Quantentheorie in ihren chemischen Anwendungen und Bau der Atome, 1; Anwendungen der physikalischen Chemie in anderen Naturwissenschaften, Medizin und Technik, 1 *g*; Praktische Einführung in die physikalische und Elektrochemie, 4—6 Wochen. — **Muckermann**: Analytische Methoden offizineller Arzneimittel; Wasser- und Harnanalyse. — **Mohr**: Stereochemie, 1. — **Müller**: Gasanalyse und Gasvolumetrie, 1, Praktische Übungen, 2. —

Stäckel: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1; Höhere Algebra, 3; Mathematisches Oberseminar (mit Perron), 2. — **Perron**: Differentialgleichungen, 4; Mathematisches Unterseminar, 1. — **Koenigsberger**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Abelsche Gleichungen und Kreisteilung, 1. — **Koehler**: Determinantentheorie, 2. — **Pfeiffer**: Darstellende Geometrie mit Übungen, 3. — **Wolf**: Ausgewählte Kapitel aus den Elementen der Astronomie: Fixsterne, 2 *g*. —

Universität Innsbruck.

v. Schweidler: Experimentalphysik I, 4; Einführung in die messende Physik, 1; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, 6, für Mediziner, 3; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene, tägl. *g.* — **v. Lerch**: Physik für Pharmazeuten, 5. — **Tumlirz**: Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 5; Übungen im mathematisch-physikalischen Seminar, 2 *g.* — **March**: Maxwellsche Theorie der Elektrizität und des Lichtes, 2. — **Hammerl**: Elektrotechnik II: Über die Eigenschaften der Wechselströme, über Transformatoren, 2 *g.* —

Brunner: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Chemiker und Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend, für Lehramtskandidaten, halbtägig, für Mediziner, 6. — **Hopfgartner**: Photochemie, 2; Über Lösungen II, 2. — **Zehenter**: Chemische Technologie der Metalle, 2 *g.* —

Gmeiner: Differentialrechnung, 3; Arithmetik, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Zindler**: Vektoranalysis und Ausdehnungslehre, mit Übungen, 6; Mathematisches Seminar für Anfänger: Einführung in die Determinantentheorie, 1 *g.* — **Menger**: Achsonometrie und Linearperspektive, 2 *g*; Zeichenübungen, 1 *g.* —

Universität Jena.

Wien: Experimentalphysik II: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 4; Physikalisches Kolloquium; Physikalisches Praktikum (oder Auerbach mit Pauli): a) für Mathematiker und Physiker, 6, b) für Chemiker, Pharmazeuten und Mediziner, 3; Leitung physikalischer Spezialuntersuchungen (mit Auerbach, Straubel und Pauli). — **Auerbach**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 4, im Kriegsfalle: Theorie der Wärme, Thermodynamik, 4; Einführung in die theoretische Physik: Begriffe, Prinzipien, Methoden, 3; Ernst Abbes Leben und Wirken, 1; Leitung physikalischer Arbeiten, tägl. — **Straubel**: Abbildungstheorie, 1. — **Ambronn**: Einleitung in die Theorie des Mikroskops, 2; Mikrophotographie und Projektion, 1; Übungen in der Handhabung des Mikroskops und seiner Nebenapparate, 2. — **Schneider**: Die radioaktiven Stoffe, 1. — **Pauli**: Experimentalphysik IV, für Fortgeschrittene: Elektrizität, Magnetismus, Optik, 2. —

Knorr: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie, 4; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Wolff): a) Vollpraktikum, 30, b) Halbpraktikum, 15, c) Mediziner-Vollpraktikum, 6, d) Mediziner-Halbpraktikum, 3; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium und Anleitung zu chemischen Spezialuntersuchungen (mit Schneider), 40. — **Wolff**: Analytische Chemie, 3; Elektrolyse und elektrolytisches Praktikum, 2. — **Immendorff**: Agrikulturchemie I: Pflanzenernährungslehre, 3, II: Tierernährungslehre, 2; Kleines chemisches Praktikum, 7; Großes chemisches Praktikum; Grundzüge der organischen Chemie für Landwirte, 1. — **Vongerichten**: Chemische Technologie, anorganischer Teil, 2; Färberei- und Druckereikursus, 4; Technisch-chemisches Praktikum. — **Matthes**: Pharmazeutische Chemie I: Anorganische Chemie, 2; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Untersuchung und Darstellung chemisch-pharmazeutischer Präparate, Ausmittelung der Gifte, 5; Praktische und theoretische Übungen aus dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie, tägl. — **Kappen**: Chemische Technologie der landwirtschaftlichen Nebengewerbe, 1; Die agrikulturchemischen Untersuchungsmethoden, 1. — **Hirsch**: Die Fermente und ihre Wirkungen, 2. —

Haußner: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 5; Raumkurven und krumme Flächen, 5; Ausgewählte Fragen der elementaren Geometrie, 3; Mathematisches Seminar: Raumkurven und Elementargeometrie, 1 *g*; Mathematisches Proseminar: Anwendungen der Differentialrechnung, 1. — **Koebe**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Proseminarübungen; Allgemeine Funktionentheorie, 4, Seminarübungen. — **Thomae**: Über besondere geometrische Sätze und Gebilde, 2. — **Knopf**: Bahnbestimmung der Kometen und Planeten, 3; Mathematische Geographie, 2. — **Winkelmann**: Technische Mechanik I: Grundlagen, Stereomechanik, mit Übungen, 5; Graphische Methoden mit Übungen, 3. —

Technische Hochschule Karlsruhe.

Lehmann: Physik, 4, Ergänzungen, 2; Physikalisches Laboratorium (mit Schachenmeier), 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im physikalischen Laboratorium, nach Vereinbarung. — **N. N.**: Mathematische Physik, 3, Repetitorium, 2. — **Schachenmeier**: Optik mit besonderer Berücksichtigung der Elektronentheorie, 2. — **Richter**: Elektromaschinenbau I: Grundlagen, Gleichstrommaschinen Transformatoren, 5; Übungen im Konstruieren elektrischer Maschinen und Apparate, 4; Elektrotechnisches Laboratorium II, 6, für Vorgeschrittene, einschließlich Hochspannungs-, Hochfrequenzmessungen und drahtlose Telegraphie (mit Schleiermacher, Schwaiger und Hausrath), 8; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Schleiermacher**: Grundlagen der Elektrotechnik und Meßkunde, 3; Theoretische Elektrizitätslehre, 3; Elektrotechnisches Laboratorium I, 6. — **Schwaiger**: Elektromotorische Betriebe, einschließlich Bahnen, 2; Elektrische Kraftwerke und Schaltanlagen, 2; Schalt- und Regulierapparate, 1; Nichtstationäre elektrische Vorgänge und Hochspannungstechnik, 1; Übungen zu diesen vier Vorlesungen, 2; Exkursionen zur Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Teichmüller**: Allgemeine Elektrotechnik, 2; Elektrotechnisches Seminar, 2; Übertragung und Verteilung elektrischer Energie: Leitungen, 2, Übungen, 2; Energieversorgung des Landes, 1; Besichtigung elektrischer Anlagen, nach Verabredung. — **Hausrath**: Drahtlose Telegraphie, 2; Schwachstromtechnik, 2; Besichtigung von Schwachstromanlagen, nach Verabredung. — **Thomälen**: Theorie der Wechselströme, 2, Übungen, 2. — **Schmidt**: Photographische Kurse, mit Vorträgen über die Theorie der photographischen Vorgänge, für Anfänger und Vorgeschrittene, 2; Exkursionen. — **Schultheiß**: Meteorologie: Klimatologie, 1. —

Engler: Anorganische Experimentalchemie, 4; Organisch-chemisches Kolloquium (mit Franzen), 1; Spezielle Kapitel der allgemeinen Chemie, 1; Chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **Bredig**: Physikalische Chemie I, 2; Überblick über die theoretische und technische Elektrochemie, 3; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Kolloquium, für Vorgeschrittene, 2; Physikalisch-chemisches und elektro-chemisches Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Physikalisch-chemischer und elektro-chemischer Einführungskurs. — **Bunte**: Chemische Technologie I: Zuckerfabrikation, Gärungsgewerbe, Brauerei, Brennerei, 2, II: Wasser, Beleuchtungstechnik, 2; Metallurgie, 1; Brennstoffe und industrielle Feuerungen, 1; Übungen in der technischen Analyse (mit Eitner), 4 u. 3, für Vorgerücktere, tägl.; Gaschemische Übungen, 2; Arbeiten im chemisch-technischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Technische Exkursionen. — **Franzen**: Organische Chemie II, 2; Besprechung neuerer Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 1. — **Askenasy**: Prozesse der elektrochemischen Großindustrie II und Bau und Betrieb der Akkumulatoren, 2. — **Dieckhoff**: Organische pharmazeutische Chemie, 2; Gerichtliche Chemie, 2. — **Eitner**: Methoden der technischen Analyse, 2, Übungen (mit Bunte), 4; Ausgewählte Kapitel der technischen Analyse, 1, Übungen (mit Bunte), 3; Spezielle Technologie der Gasbeleuchtung I, 1, Übungen, 4. — **Koenig**: Analytische Chemie II: Physikalisch-chemische Grundlagen der Analyse, 2. — **Reis**: Photochemie I: Strahlungslehre, 2. — **Rupp**: Chemische und mikroskopische Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln sowie Gebrauchsgegenständen, 2. — **Steinkopf**: Methoden der organischen Chemie, 1; Chemie der heterozyklischen Verbindungen I und II, 1. — **Terres**: Chemie der Gase, 2. — **Ubbelohde**: Industrie der Fette und

Harze, 2; Über Patentwesen, 1. — **N. N.**: Chemie der Faserstoffe und Farbstoffe I: Gespinstfasern, Wäscherei und Bleicherei, Färberei und Druckerei, 2, Übungen, 2. —

Böhm: Höhere Mathematik II, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Mohrmann**: Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4; Graphische Statik, 2, Übungen, 2; Konstruktive Übungen der Perspektive. — **Heun**: Mechanik I, 4, Übungen, 2; Mechanisches Seminar, 3 *g*. — **Krazer**: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 2. — **Brandt**: Elementare und analytische Geometrie der Ebene und des Raumes I, 2, Übungen, 1. — **Haupt**: Übungen in den Grundlehren der höheren Mathematik, 2; Arithmetik und Algebra, 2, Übungen, 1; Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 1. — **Noether**: Elemente der Mechanik, 3, Übungen, 1; Elastizitätstheorie, 2. — **Wellstein**: Projektionslehre, 2, Übungen, 4. — **Näbauer**: Praktische Geometrie, 3; Höhere Geodäsie, 3; Geodätisches Praktikum, 2 und 3; Methode der kleinsten Quadrate, 2. — **N. N.**: Repetitorium der praktischen Geometrie, 2; Plan- und Terrainzeichnen, 2 und 4. — **Stutz**: Katastervermessung: Feldbereinigung, 2, Übungen, 2. —

Universität Kiel.

Dieterici: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger: a) Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) Mediziner und Pharmazeuten, 4, für Fortgeschrittene, tägl.; Repetitorium der Physik für Kriegsteilnehmer, 2 *g*. — **Weber**: Elektrodynamik, 4; Photometrie, 1; Theorie physikalischer Messungsapparate, mit Übungen, 1; Anleitung zur Anstellung meteorologischer Beobachtungen im Auslande, 1; Ausgewählte physikalische Messungen und Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend. — **Martienssen**: Einführung in die drahtlose Telegraphie, 1. —

Diels: Organische Experimentalchemie, 5; Chemisches Praktikum, a) Anorganische Abteilung (mit Mumm), tägl. außer Sonnabend, b) Organische Abteilung, tägl. — **Feist**: Allgemeine Warenkunde, 2; Stereochemie, 1 *g*; Organische Experimentalchemie, für Zahnärzte, 2. — **Mumm**: Chemie der Metalle, 3. — **Horrmann**: Pharmazeutische Chemie: Anorganischer Teil, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend. — **Stoehr**: Ausgewählte Kapitel der organischen Chemie, 1. — **Preuner**: Thermochemie und Thermodynamik, 2. —

Pochhammer: Analytische Geometrie des Raumes, 4; Analytische Mechanik, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 1 *g*. — **Harzer**: Geographische Ortsbestimmungen, 3; Differenzenrechnung, 1. — **Kobold**: Theorie der Bahnbestimmung, 2, Übungen, 2 *g*. — **Toeplitz**: Differential- und Integralrechnung II, 4, Übungen, 2; Elliptische Funktionen, 4; Übungen für mittlere Semester, 2; Die Verteilung der Primzahlen, 1 *g*. —

Universität Königsberg.

Kaufmann: Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität und Optik, 5, Ergänzungen, 1 *g*; Physikalische Übungen, 6; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Seminaristische Übungen zur Geschichte der Experimentalphysik (mit Hoffmann), 2 *g*. — **Volkmann**: Theorie der Wärme, 4, Mathematisch-physikalisches Seminar: Ergänzungen und Erläuterungen, 1 *g*; Mathematisch-physikalisches Laboratorium: Physikalisch-praktische Übungen und Arbeiten für Anfänger und Vorgerückte, 6. — **Hoffmann**: Elektrische Schwingungen und Funkentelegraphie, 1. —

Klinger: Organische Chemie, 4; Chemisches Praktikum für Mediziner, 2 Nachmittage; Chemisches Praktikum (mit Blochmann und Eisenlohr), tägl. außer Sonnabend. — **Rupp**: Pharmazeutische Chemie, 2; Chemisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-wissenschaftliches Kolloquium, 1. — **Zielstorff**: Anorganische Chemie für Landwirte, 2; Die Ernährung landwirtschaftlicher Nutztiere: Fütterungslehre, 2; Chemisches Praktikum für Anfänger, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Untersuchung künstlicher Düngemittel, 2; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium, für Geübtere, ganztägig, *g*; Besichtigung industrieller Anlagen, 1 Nachmittag, *g*. — **Blochmann**: Einführung in die quantitative Analyse, 2; Chemische Technologie der Gase, 1 *g*. — **Eisenlohr**: Thermochemie, 1; Methoden der Molekulargewichtsbestimmung, 1 *g*; Die Platinmetalle Rußlands und ihre Wichtigkeit für die allgemeine Chemie, nach Verabredung, *g*. —

Meyer: Analytische Raumgeometrie, mit Übungen, 4; Differentialgeometrie, 4, Übungen, *g*; Mathematische Gesellschaft (mit Blaschke), 1 *g*. — **Battermann**: Theorie der Bahnbestimmung von Planeten und Kometen, 2, Rechnerische Übungen, 1 *g*. — **Blaschke**: Differential- und Integralrechnung II, 4; Potentialtheorie, 4; Seminarübungen, 2 *g*. — **Kaluza**: Versicherungsmathematik, mit Übungen, 2; Einführung in die Relativitätstheorie, 1; Repetitorium der Elementarmathematik, mit Übungen, 3. —

Universität Leipzig.

Wiener: Experimentalphysik II: Licht, Magnetismus, Elektrizität, 5; Selbständige physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Scholl), tägl.; Physikalische Übungen (mit Scholl), 6, für Mediziner und Pharmazeuten, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Des Coudres), 2 *g*. — **Des Coudres**: Einleitung in die theoretische Physik, 4; Selbständige Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Fredenhagen), tägl. — **v. Oettingen**: Das Harmonium reiner Stimmung, 1 *g*. — **Scholl**: Allgemeine Experimentalphysik für Zahnärzte, 4. — **Marx**: Vektoranalysis und ihre Anwendung in der Physik, 2. — **Haas**: Einleitung in die Theorie der Elektrizität und der Wärme, 2; Selbständige geschichtlich-physikalische Arbeiten für Vorgeschrittene, *g*. — **Lilienfeld**: Erzeugung und Anwendung tiefer Temperaturen, 1 *g*. — **Wilke**: Einführung in das Maschinenwesen, 2 *g*. —

Hantzsch: Organische Experimentalchemie, 5; Analytisch- und anorganisch-chemische Übungen für Chemiker, Pharmazeuten, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte, auch für Anfänger (mit Schaefer), tägl.; Organisch-chemische Übungen (mit Reddelien), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte (mit Schaefer), 6, für Fortgeschrittene (mit Stobbe, Rassow, Schaefer und Reddelien), tägl. — **Le Blanc**: Physikalische Chemie I, 4; Chemische Übungen für Anfänger: Analytische und präparative, anorganische und organische Arbeiten (mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemische Übungen (photochemisch-photographische mit Weigert, elektrochemische und kolloid-chemische mit Böttger), tägl.; Physikalisch-chemischer Einführungskurs, auf Wunsch: Darstellung elektrochemischer Präparate (mit Schall und Böttger), 4 oder 8. — **Paal**: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemische Übungen, analytisch-anorganisch und organisch, für Chemiker, Mathematiker, Naturwissenschaftler und Landwirte, auch für Anfänger (mit Deußen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Arbeiten auf dem Gebiete der Nahrungsmittelchemie (mit Deußen und Waentig), tägl.; Pharmazeutisch-chemisch-toxikologische Übungen (mit Deußen und Scheiber), tägl.; Chemische Übungen für Mediziner und Zahnärzte (mit Sieverts und Waentig), 6, für Vorgerücktere (mit Heller, Deußen, Scheiber, Sieverts und Waentig), tägl.; Chemisch-technische Übungen (mit Heller), tägl. — **Stobbe**: Spezielle organische Chemie: Die heterozyklischen Verbindungen, mit besonderer Berücksichtigung der Alkaloide und der künstlichen Heilmittel, 1; Wiederholungskursus der organischen Chemie, 1. — **Wagner**: Experimentelle Einführung in die Chemie auf physikalischer Grundlage, insbesondere für Kriegsteilnehmer, 1, Ergänzung, 1 *g*; Chemische Übungen für Lehrer: Schulversuche, Analyse und Präparate, tägl., hierzu: Didaktische Besprechungen (Elektrochemie), 1 *g*. — **Rassow**: Chemische Technologie, organische Betriebe: Zucker, Stärke, Gärungsgewerbe, Fette und Öle, 2; Technologische Ausflüge, *g*; Schieß- und Sprengstoffe, 1 *g*; Chemisch-techno-

logische Übungen, ganz- oder halbtägig. — **Weigert**: Spektroskopie, 1; Photochemische und photographische Übungen, 4; Photochemische Arbeitsmethoden (Ergänzung zu den Übungen), 1 *g*. — **Schall**: Über Elektrochemie in der Technik, 1. — **Böttger**: Wissenschaftliche Grundlagen der analytischen Chemie: Übersicht über das Gesamtgebiet der qualitativen und quantitativen Analyse, 2. — **Heller**: Allgemeine und technische Chemie: Organischer Teil, 2. — **Schaefer**: Ausgewählte Kapitel aus der anorganischen Chemie, mit Versuchen, 2. — **Deußen**: Die wichtigsten physikalischen und chemischen Untersuchungsmethoden des deutschen Arzneibuchs, 1; Übungen im Sterilisieren für Pharmazeuten, nach Verabredung. —

Hölder: Elliptische Funktionen, 4; Bestimmte Integrale und Fouriersche Reihen, 2; Übungen für Vorgeschrittene in Funktionentheorie, 2 *g*. — **Bruns**: Sphärische Astronomie, 4; Praktische Arbeiten in der Sternwarte, *g*. — **Rohn**: Analytische Geometrie des Raumes, 4, Übungen, 1 *g*; Determinanten, 2. — **Herglotz**: Mechanik, 4; Ausgewählte Kapitel der Elementarmathematik, 2; Mathematisches Seminar: Besprechung neuerer Arbeiten, 2 *g*. — **Schnee**: Differential- und Integralrechnung, 4, Übungen, 2 *g*; Zahlentheorie II, 2. —

Universität Marburg.

Richarz: Experimentalphysik: Wärme, Magnetismus und Elektrizität, 5; Übersicht über die Experimentalphysik für Kriegsteilnehmer, 1; Physikalisches Kolloquium, 2 *g*; Physikalisches Praktikum (mit Feußner und Schulze), 6; Leitung eigener Untersuchungen, tägl. — **Feußner**: Theoretische Physik: Licht, 4; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 *g*. — **Schulze**: Hydrodynamik und Akustik, 2; Übersicht über die theoretische Physik, für Kriegsteilnehmer, 1 *g*. — **Take**: Theorie der hochfrequenten Wechselströme mit besonderer Anwendung auf drahtlose Telegraphie und Telephonie, mit Demonstrationen auf der Radiostation, 2; Repetitorium der Experimentalphysik I: Wärme und Elektrizität, mit elementar-mathematischen Übungen, 1. — **Wegener**: Allgemeine Meteorologie, 2. —

v. Auwers: Organische Experimentalchemie, für Chemiker und Mediziner, 5; Chemisches Praktikum (mit Fries und Strecker), tägl. außer Sonnabend, für Vorgerücktere, tägl.; Chemische Übungen für Mediziner (mit Strecker), tägl. außer Sonnabend; Praktisch-chemischer Kursus für Mediziner (mit Strecker); Theoretische Einführung mit Demonstrationen, $^1/_2$, Praktikum, $3^1/_2$; Chemisches Seminar, 14tägig, 2 *g*. — **Keller**: Organische Chemie, mit besonderer Berücksichtigung der Pharmazie und Medizin, 6; Nahrungsmittelchemie II: Herstellung, Zusammensetzung und Untersuchung der wichtigsten Nahrungs- und Genußmittel, 2; Praktische Übungen in der analytischen und forensischen Chemie, sowie in der Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel und selbständige Arbeiten im Laboratorium des Pharmazeutisch-chemischen Instituts (mit Schmidt), tägl.; Übungen im Keimfreimachen von Arznei- und Verbandmitteln, 2; Besprechungen und Übungen über Arzneimittelprüfung, 1 *g*. — **Strecker**: Qualitative Analyse, 2; Konstitution anorganischer Verbindungen, 1; Repetitorium der anorganischen Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 2. — **Fries**: Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 3; Chemie der Terpene, 1; Chemisches Kolloquium, 2 *g*; Chemisches Repetitorium für Mediziner: Anorganische Chemie, 1. — **Schmidt**: Qualitative Analyse, im Anschluß an die praktischen Übungen, *g*. — **Thiel**: Physikalische Chemie II, 3; Theoretische Übungen über ausgewählte Kapitel der physikalischen Chemie, 1 *g*; Physikalisch-chemisches Praktikum, 6; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl.; Photochemisches und photographisches Praktikum, für Anfänger und Fortgeschrittene (mit Stuchtey), 2. —

Hensel: Integralrechnung, 3; Höhere Zahlentheorie, 4; Mathematisches Seminar, 1 *g*. — **v. Dalwigk**: Elementare Algebra, 4; Geodäsie, 2; Kartenprojektionen, für Mathematiker, 1. — **Neumann**: Theorie der Raumkurven und Flächen, 4; Variationsrechnung, 4; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **N. N.**: (eventl.) Potentialtheorie, 4; Massenlehre, 3; Mathematische Übungen für junge Semester, 2. —

Universität München.

Röntgen: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Optik, 5; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Praktische Übungen im Physikalischen Laboratorium (mit Koch und Wagner), 4. — **Sommerfeld**: Elektrodynamik, Maxwellsche Theorie und Elektronentheorie, 4, Seminarübungen, 2 *g*; Probleme der drahtlosen Telegraphie, 1; Selbständige Arbeiten im Institut für theoretische Physik, tägl.; Röntgenstrahlen und Kristallstruktur, ohne mathematische Ableitung, 1. — **Graetz**: Experimentalphysik I: Einleitung, Wärme, Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum: a) Übungen in physikalischen Messungen, b) Übungen in physikalischen Demonstrationen, 4; Einleitung in die theoretische Physik, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten aus der Physik, nach Verabredung, *g*. — **Koch**: Der photographische Prozeß mit besonderer Berücksichtigung seiner wissenschaftlichen Anwendungen (allgemeinverständlich), mit Demonstrationen, 1. — **Wagner**: Ausgewählte Kapitel aus der neueren Physik, 1. — **Donle**: Physikalische Maße und Meßmethoden, 2. — **Schmauß**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 4. —

Willstätter: Unorganische Experimentalchemie, 5; Praktische Arbeiten im Chemischen Laboratorium in den beiden unorganischen Abteilungen (mit Prandtl und Vanino), tägl. außer Sonnabend, in der organischen Abteilung (mit Wieland und Dieckmann), tägl.; Chemisches Praktikum für Mediziner (mit Vanino), 4; Arbeiten im Chemischen Laboratorium für fortgeschrittenere Mediziner (mit Wieland), halb- oder ganztägig. — **Paul**: Organische Chemie mit besonderer Berücksichtigung ihrer Anwendung, 5; Nahrungsmittelchemie I, mit Exkursionen, 2; Pharmazeutisch-chemische Präparatenkunde: Anorganische Präparate, 3; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich physikalisch-chemischer, elektrochemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, mit serologisch-chemischen Übungen, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen, einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl.; Übungen für praktische Apotheker, nach Vereinbarung. — **Prandtl**: Spezielle unorganische Experimentalchemie II: 4. bis 8. Gruppe des periodischen Systems, 4; Praktikum für Gasanalyse, 4. — **Wieland**: Spezielle organische Chemie II: Benzolderivate, 3. — **Dieckmann**: Stereochemie, 1 *g*. — **Pummerer**: Anorganisch-chemische Technologie, ohne Schwermetalle, mit Exkursionen, 2. — **Meyer**: Elektrochemie, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 4. — **Kalb**: Kolloquium über organische Chemie, 1. —

Lindemann: Analytische Mechanik, 4; Theorie der Funktionen einer komplexen Variabeln, 4; Linien- und Kugelgeometrie, 2; Übungen und Vorträge im Mathematischen Seminar, $1^1/_2$ *g*. — **v. Seeliger**: Theoretische Astronomie, 4. — **Voß**: Einleitung in die Theorie der gewöhnlichen Differentialgleichungen, 4; Analytische Geometrie der Ebene, 4; Seminar: Eigene Arbeiten und Vorträge, 2 *g*. — **Pringsheim**: Differentialrechnung, 5. — **Brunn**: Elemente der höheren Mathematik, mit Berücksichtigung der Bedürfnisse der Forstkandidaten, 3. — **Hartogs**: Synthetische Geometrie I, 5. — **Großmann**: Theorie der astronomischen Refraktion, 2. — **Böhm**: Elemente der Versicherungsrechnung, 2; Seminar für Statistik und Versicherungswissenschaft (mit v. Mayr und Zahn), 3. — **Dingler**: Elementarmathematik, mit geschichtlichen und pädagogischen Hinweisen, 4; Einführung in die mathematische Behandlung von Beobachtungsdaten, 2. — **Rosenthal**: Differentialgeometrie der Kurven und Flächen, 5. —

Technische Hochschule München.

Zenneck: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Optik, 6; Physikalisches Praktikum, 4 oder 8;

Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, 12—30. — **Fischer**: Grundzüge der Physik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 3; Apparate und Methoden des physikalischen Unterrichts I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3; Praktisch-physikalische Übungen: Aufbau und Handhabung von Apparaten, 4; Elektrizität und Magnetismus in mathematischer Behandlung, 4; Einführung in die wissenschaftlichen Arbeitsmethoden der Physik, 8—30; Elemente der theoretischen Physik: Mechanik, Elastizität, Wärmelehre, 4; Interferenz- und Beugungserscheinungen (experimentell und theoretisch), 1. — **Knoblauch**: Ausgewählte Kapitel der technischen Thermodynamik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 4; Anleitung zur Ausführung wissenschaftlicher Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Physik, nach Verabredung; Heizung und Lüftung, 3. — **Emden**: Meteorologie und Klimatologie, 2; Ausgewählte Kapitel der Geophysik: Ebbe und Flut, Polhöheschwankungen, Erdinneres, 2. — **Dieckmann**: Ausgewählte Kapitel der Telegraphen- und Fernsprechtechnik, 2, Übungen, 3; Radioaktivität, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen aus dem Gebiete der angewandten Physik, nach Verabredung. — **von und zu Aufseß**: Populäre Astrophysik I, 2. — **Schröter**: Mechanische Wärmetheorie, 2, Übungen, 1. — **Heinke**: Einführung in die Elektrotechnik, 4; Elektrische Meßtechnik II, 3; Elektrotechnisches Praktikum I: Meßtechnik und Photometrie, 8, für Vorgeschrittene, nach Verabredung. — **N.N.**: Schwachstromtechnik: Telegraphie, Telephonie und drahtlose Telegraphie, 2. — **Ossanna**: Elektrotechnisches Praktikum II: Messungen an Maschinen, Umformern und Transformatoren, 8 und 2; Theorie und Konstruktion der elektrischen Maschinen I: Gleichstrommaschinen und Umformer, 3, II: Synchrongeneratoren und Sychronmotoren, 3; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2; Entwerfen von elektrischen Maschinen, 4. — **Kadrnozka**: Elektrische Anlagen I: Verwertung elektrischer Arbeit a) Elektrische Kraftbetriebe, 2, b) elektrische Bahnen, 3, II: Erzeugung und Verteilung elektrischer Arbeit, 2, Übungen: Entwerfen elektrischer Anlagen, 4. — **Urban**: Unterrichtskurse in praktischer Photographie, 1, Praktische Übungen, 3. —

Manchot: Unorganische Experimentalchemie, einschließlich der Grundzüge der physikalischen Chemie, 6; Unorganisches und analytisch-chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgerücktere, 10, 20 oder 30; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten im unorganischen Laboratorium, nach Vereinbarung. — **Wieland**: Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Chemisches Praktikum im organischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der organischen Chemie, 30. — **Albert**: Chemie und Technologie der Fette und Öle, 1; Chemie der neueren Arzneimittel, 1. — **Rohde**: Die Hauptgruppen der heterozyklischen Verbindungen unter Berücksichtigung der wichtigsten zugehörigen Alkaloide, 3. — **Hofer**: Analytische Chemie der Metalle und Metalloide nebst Gewichts- und Maßanalyse II, 2; Theoretische Elektrochemie, 2; Praktikum im elektrochemischen Laboratorium, 10, 20, oder 30. — **Schultz**: Chemische Technologie I: Metallurgie, Eisenhüttenkunde, Leder, Kautschuk, Guttapercha, 3; Praktikum im chemisch-technischen Laboratorium, 20—30; Spezielle Arbeiten auf dem Gebiete der technischen Chemie, nach Verabredung; Chemisch-technische Übungen: Chemisch-technische Analyse, Färberei, 4. — **Jacob**: Chemisch-technische Prüfungsmethoden, 1. — **Braß**: Textilfaserstoffe und ihre Veredlung, 1. — **Lintner**: Chemische Technologie des Wassers und der Kohlehydrate, 3; Gärungs-chemisches Praktikum nebst Übungen in der Untersuchung von Nahrungs- und Genußmitteln, bis 30; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im gärungs-chemischen Laboratorium, bis 30. —

Faber: Höhere Mathematik I, 6, Übungen, 3. — **v. Dyck**: Höhere Mathematik III, 5, Übungen, 2; Funktionentheorie nach Riemann, 4; Mathematisches Seminar, Kolloquium (mit Finsterwalder, Faber und Liebmann), 2. — **Doehlemann**: Grundzüge der höheren Mathematik I, 4; Darstellende Geometrie I, mit Schattenkonstruktionslehre, 5, Übungen, 6; Liniengeometrie in synthetischer Behandlung, 4, Übungen, 1. — **Liebmann**: Ebene und sphärische Trigonometrie, 3, Übungen, 1; Synthetische Geometrie der Ebene, 4. — **Finsterwalder**: Differentialgeometrie, mit Vektoren, 3, Graphische Übungen, 1; Darstellende Geometrie I, 4, Übungen, 4. — **Lagally**: Algebraische Kurven, 4. — **Burmester**: Täuschungsarten und Kinematographie mit Demonstrationen, 1. — **Schmidt**: Vermessungskunde I, 4, Praktikum 2 und 4; Landesvermessung, 4. — **Schäfer**: Anleitung zur rechnerischen Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2. — **Föppl**: Technische Mechanik einschließlich der Elemente der graphischen Statik und der analytischen Mechanik II: Graphische Statik, 3, Übungen, 2, III: Festigkeitslehre, 4. —

Universität Münster.

Schmidt: Experimentalphysik: Optik und Elektrizität, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Szivessy), 3 und 6, für Fortgeschrittene (mit Konen), tägl. — **Konen**: Einführung in die theoretische Physik, 4; Elektrische Schwingungen und Optik, 3; Seminar für theoretische Physik, 2 *g*. — **Szivessy**: Physikalische Theorien über die Entstehung des Weltalls: Kosmogenie, 2. —

Schenck: Organische Experimentalchemie, 3; Chemie der Metalle und Legierungen, 2; Chemisches Kolloquium (mit Ley), 1 *g*; Chemisches Praktikum (mit Ley), tägl. außer Sonnabend; Chemische Übungen für Mediziner (mit Kaßner und Ley), 4. — **Ley**: Physikalische Chemie II: Thermochemie und Elektrochemie, 3. — **Ott**: Einführung in die analytische Chemie, 2; Repetitorium der organischen Chemie, 1. — **Kaßner**: Maßanalyse, 1 *g*; Anorganische Chemie mit besonderer Berücksichtigung der Medizin und Pharmazie, 4; Kolloquium über pharmazeutische Präparate und die Gegenstände des deutschen Arzneibuches, 1; Ausgewählte Kapitel der chemischen Technologie, mit besonderer Berücksichtigung der Analyse technischer Gase, 1; Pharmazeutisch-chemische, maßanalytische und toxikologische Übungen im Laboratorium, Darstellung chemischer Präparate, für Vorgerücktere Anleitung zur Bearbeitung wissenschaftlicher oder technischer Aufgaben, tägl. außer Sonnabend. — **Bömer**: Analyse der Nahrungs- und Genußmittel, 2; Chemie und Technologie der Gärungsgewerbe, 1 *g*. — **König**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Chemie, für Fortgeschrittene (mit Bömer), tägl. *g*. —

v. Lilienthal: Differential- und Integralrechnung II, mit Übungen, 4; Analytische Dynamik mit Übungen, 4; Elemente der Determinantentheorie und der Algebra, 2; Übungen des mathematischen Oberseminars, 2 *g*. — **Killing**: Analytische Geometrie II, 4, Übungen, 1 *g*; Elliptische Funktionen, 2; Zahlentheorie, 2; Übungen des mathematischen Unterseminars, 2 *g*. — **Schewior**: Darstellende Geometrie I, 3, Übungen, 2 *g*; Methoden der Geodäsie, 2. — **Plaßmann**: Zeitrechnung und Kalenderkunde, 2; Ausgewählte Abschnitte der optischen Meteorologie, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, nach Verabredung, *g*; Mathematische Geographie und elementare Astronomie, 2 *g*. —

Akademie Posen.

Spies: Elektrizitätslehre I: a) Der elektrische Spannungsstand, b) Magnetismus, 3. —

Mendelsohn: Mineralogische und chemisch-technische Übungen, 2. —

Könnemann: Die astronomischen Hilfsmittel, ihre Verwendung und Leistung, 1. —

Deutsche Universität Prag.

Lampa: Experimentalphysik I, 5; Physikalisches Praktikum I, 6 bzw. 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, für Vorgeschrittene, tägl. *g*. — **Frank**: Hydro-

dynamik und Aerodynamik, 3; Die partiellen Differentialgleichungen der mathematischen Physik, 2; Besprechung des physikalischen Lehrstoffes der Mittelschule: Mechanik und Wärmelehre, 1; Besprechung neuerer Arbeiten zur Quantentheorie, 2 *g*. — **Spitaler**: Kosmische Physik, 4; Bearbeitung meteorologischer Beobachtungen, 1. —

Meyer: Anorganische Chemie, für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. *g*; Übungen in der Ausführung von Vorlesungsexperimenten, für Lehramtskandidaten, 2. — **Rothmund**: Physikalische Chemie I, 4, Mathematische Ergänzungen, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Wagner**: Die chemischen Wirkungen des Lichtes: Photochemie und Photographie, 1. — **Kirpal**: Pharmazeutische Chemie, 4. — **Hönigschmid**: Analytische Chemie, 3. — **Sigmund**: Biochemie der Alkaloide und Glukoside, 1. — **Fortner**: Chemie der Nahrungsmittel, mit praktischen Übungen in der Untersuchung, 3. —

Pick: Elemente der Infinitesimalrechnung, 4, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2 *g*. — **Kowalewski**: Analytische Geometrie der Ebene und des Raumes, 4, Übungen, 1; Anwendungen der elliptischen Funktionen, 1. — **Funk**: Variationsrechnung, 3. — **Mack**: Kurs über geometrisches Zeichnen und darstellende Geometrie (Fortsetzung), 3. — **Prey**: Grundlagen der Astronomie, 3; Theorie der Finsternisse, 2. — **Scheller**: Astrophysik I, 2. —

Technische Hochschule Prag.

Tuma: Experimentalphysik: Metrologie, Fundamentalsätze der Mechanik, Mechanik physikalischer Körper, Hydrostatik und Hydrodynamik, Aerostatik und Aerodynamik, Wellenlehre, Akustik, Optik, Wärmelehre, Molekulartheorie, 5, für Kulturingenieure und Geodäten, 3; Physikalisches Praktikum, 6. — **Niethammer**: Allgemeine Elektrotechnik: Grundlagen der Elektrotechnik, 2; Elektrische Anlagen, 2; Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2. —

Hönigschmid: Anorganische Chemie, 4; Analytische Chemie, anorganisch-qualitativ, 2; Übungen im anorganisch-chemischen und analytischen Laboratorium I und II, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen für Geübtere, tägl. außer Sonnabend. — **Wenzel**: Organische Chemie, Spezielle Chemie der aromatischen Verbindungen, 2; Analytische Methoden der organischen Chemie, 1; Ausgewählte Kapitel aus der organischen Chemie, 2; Übungen im organisch-chemischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, für Vorgeschrittene, tägl. — **Storch**: Chemie der Metalle und technischen Metallgewinnung: II. und III. Gruppe des periodischen Systems, 2; Die wissenschaftlichen Grundlagen der Maßanalyse, 1; Physikalische Chemie I: Chemische Statik und Dynamik, 2, IV: Elektrochemie, 3; Kleines physikalisch-chemisches Praktikum, zugleich Physikalische Methoden der Untersuchung von Nahrungsmitteln, 1, Übungen, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, 15. — **Ditz**: Chemische Technologie anorganischer Stoffe I: Chemische Großindustrie, 6; Übungen im anorganisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Georgievics**: Chemische Technologie organischer Stoffe I, 5; Übungen im organisch-technologischen Laboratorium, tägl. außer Sonnabend. — **v. Gintl**: Enzyklopädie der technischen Chemie, 2; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, 3; Chemie der Nahrungs- und Genußmittel und Untersuchung von Rohstoffen und Gebrauchsgegenständen, Übungen, 8; Methoden der quantitativen Mineralanalyse, 2; Praktische Metallographie, 2, Übungen, 1 Nachmittag. — **Außerwinkler**: Photographie, 1, Übungen, 4, Photographisches Laboratorium, 4. — **Herzog**: Agrikulturchemie, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen für Vorgeschrittene, tägl. — **Siegmund**: Biochemie der Alkaloide, Glukoside und Gerbstoffe, 1; Ausgewählte Kapitel der Chemie für Kulturingenieure, 2. —

Carda: Mathematik I, 6, Übungen, 2; Elemente der höheren Mathematik, 6, Übungen, 1; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der Differential- und Integralrechnung, Funktionen einer komplexen Variabeln, 2. — **N. N.**: Mathematik II, 6, Übungen, 2, für Handelslehrkandidaten, 3; Ausgewählte Kapitel der höheren Mathematik, 2. — **Rosmanith**: Versicherungsmathematik I, 4, IIa, 2, IIb, 2; Politische Arithmetik, 2. — **Mack**: Darstellende Geometrie, 4, Konstruktive Übungen, 6; Übungen für Vorgeschrittene, 6; Geometrie der Lage, 3. — **Grünwald**: Ausgewählte Abschnitte aus der Bewegungslehre starrer Körper, 2. — **Pöschl**: Allgemeine Mechanik, 3, Übungen, 1, Graphische Übungen, 2; Besondere Probleme aus dem Gesamtgebiete der Mechanik, 2. — **Geßner**: Enzyklopädie der Mechanik, 3. — **Haerpfer**: Elemente der niederen Geodäsie, 3, Übungen, 2; Theorie der Kartenprojektionen, 1. — **Adamczik**: Niedere Geodäsie, 4½, Übungen, 2; Höhere Geodäsie, 3, Übungen, 2; Geodätisches Rechnen I, 2, II, 2. —

Universität Rostock.

Heydweiller: Experimentalphysik: Optik, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen a) für Mathematiker und Naturwissenschaftler, 8, b) für Mediziner und Pharmazeuten, 4; Wissenschaftlich-physikalische Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Weber), 1. — **Weber**: Einführung in die theoretische Physik, 3, Übungen, 1; Optik, 2; Vektoranalyse, 1. —

Pfeiffer: Spezielle, anorganische Chemie, inkl. Phasenlehre, 5; Stereochemie, 2; Großes chemisches Praktikum, anorganische Abteilung, tägl.; Leitung wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Kleines chemisches Praktikum, halbtägig; Übungen für Nahrungsmittelchemiker, nach Verabredung, für Mediziner (mit Stoermer), 3. — **Stoermer**: Organische Chemie, 5; Übungen in der organischen Abteilung des chemischen Laboratoriums: a) Großes chemisches Praktikum, b) wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Analytische Chemie, 3. — **Honcamp**: Agrikulturchemie II: Tierernährung, 2; Agrikulturchemisches Praktikum, tägl. — **Kümmell**: Chemische Verwandtschaftslehre: Chemische Statik und Kinetik, Thermochemie, 2. —

Staude: Analytische Geometrie der Ebene, 4; Analytische Mechanik, 4; Mathematisches Seminar, 2. —

Universität Straßburg.

Braun: Experimentalphysik II: Wärme, Akustik, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, 5 oder 10; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Cohn**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 4; Ausgewählte Abschnitte der Elektrizitätslehre, nach Verabredung; Physikalische Übungen, 5; Übersichtskursus für Mediziner, 3; Wissenschaftliche physikalische Arbeiten. — **Rohmann**: Technische Anwendungen der Elektrizität (experimentell), 2. — **Hecker**: Ausgewählte Kapitel aus der Physik des Erdkörpers, 1. —

Thiele: Allgemeine Experimentalchemie, anorganischer Teil, 5; Chemisches Praktikum für Anfänger und Vorgeschrittene (mit Wedekind und Straus), tägl. außer Sonnabend. — **Rose**: Chemische Technologie der Metalloide, 3; Die Untersuchung und Reinigung des Wassers, 1 *g*. — **Wedekind**: Analytische Chemie I, 3; Die radioaktiven Stoffe und die Theorie des Atomzerfalls, 1; Kolloquium über neuere chemische Arbeiten (mit Weitz und Ruggli), nach Verabredung, *g*; Physikochemisches Praktikum, 4. — **Straus**: Organische Reaktionen in ihrem Zusammenhang, 4. — **Kreutz**: Zuckerindustrie und Bierbrauerei, 1. — **Ruggli**: Physikalisch-chemische Gesetze in Anwendung auf technische Probleme, 3/4; Repetitorium der organischen Chemie für Anfänger und Lehramtskandidaten, 1; Synthesen der organischen Chemie III, 1. — **Weitz**: Chemie der Komplexverbindungen, 1. — **Oesterle**:

Pharmakognosie, 4; Pharmazeutische Chemie und chemische Toxikologie II, 4; Arbeiten im Laboratorium des pharmazeutischen Instituts, tägl. außer Sonnabend; Pharmakognostisch-mikroskopische Übungen, 3; Pharmakochemisches Kolloquium, nach Verabredung *g*. —

Schur: Theoretische Mechanik, 3; Theorie der Differentialgleichungen, 2; Übungen des mathematischen Seminars, 1 1/2. — **Wellstein**: Algebra, 2. — **Epstein**: Zahlentheorie, 3. — **Bauschinger**: Sphärische Astronomie, 4; Übungen in der Sternwarte, nach Verabredung. — **Wirtz**: Geschichte der griechischen Astronomie, 1. —

Technische Hochschule Stuttgart.

v. Koch: Experimentalphysik, 4; Theoretische Physik (als Einleitung: Mathematische Ergänzung zur Experimentalphysik), 2; Physikalisches Praktikum, tägl. außer Sonnabend; Handfertigkeitspraktikum in Physik, 2—3; Physikalisches Kolloquium, 2; Meteorologie, 1. — **Veesenmeyer**: Grundlagen der Elektrotechnik: Konstruktionen und Anlagen, 2, Übungen, 1; Elektrotechnische Konstruktionselemente, 1; Dynamobau I, Seminar, 1, Übungen, 6, II, 2; Elektrotechnische Maschinenkonstruktionen, 8; Elektrische Bahnen und Fahrzeuge, 2; Projektieren elektrischer Anlagen, 4; Übungen in elektrotechnischen Konstruktionen und Anlagen für Maschineningenieure, 4. — **Emde**: Grundlagen der Elektrotechnik: Beschreibung des elektromagnetischen Feldes, 2, Übungen, 1; Wechselstromtechnik I, 2, Übungen, 8, II, 2, Übungen 4. — **Herrmann**: Elektrische Meßinstrumente und Meßmethoden I, 1, Übungen, 8, II, 1, Übungen, 4; Schwachstromtechnik I, 2, Übungen, 4; Übungen in der drahtlosen Telegraphie, 2, 4; Grundzüge der Elektrotechnik, 2. —

Gutbier: Anorganische Experimentalchemie, 4; Übungen im Laboratorium für anorganische Chemie und anorganisch-chemische Technologie, tägl. außer Sonnabend. — **Küster**: Technische Chemie, 2; Organisch-chemische Großindustrie, 2; Pharmazeutische Chemie, 2; Chemie der Nahrungsmittel, Genußmittel und Gebrauchsgegenstände, 2; Übungen im Laboratorium für organische Chemie, organisch-chemische Technologie und Pharmazie, tägl. außer Sonnabend. — **Grube**: Elektrochemie, 3; Übungen im Laboratorium für physikalische Chemie und Elektrochemie, tägl. außer Sonnabend. — **Kauffmann**: Farbenchemie, 2; Chemie der Benzolderivate, 2; Radioaktivität und Elektronik, 1. — **J. Schmidt**: Analytische Chemie, 2; Einführung in die Stöchiometrie, 1; Chemisches Seminar, 2. — **Bauer**: Stereochemie, 1; Die chemische Untersuchung des Harns, mit Übungen, 2; Spezielle organische Chemie, 2. —

Haller: Ebene und sphärische Trigonometrie, 2, Übungen, 2. — **Stübler**: Niedere Analysis, 4; Elemente der Differential- und Integralrechnung, 3, Übungen, 1. — **Kutta**: Höhere Mathematik II, 5, Übungen, 3, IV, 1, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 2. — **Wölffing**: Höhere Algebra, 3; Bestimmte Integrale, 2 *g*. — **Mehmke**: Darstellende Geometrie, 3, Übungen, 4; Graphisches Rechnen, 1, Übungen, 2; Punktrechnung, 3, Übungen, 1; Mathematisches Seminar, 1. — **Kommerell**: Geometrische Transformationen, 2. — **Roth**: Schattenkonstruktionen und Beleuchtungskunde, 4. — **Kriemler**: Technische Mechanik, 6, Übungen, 2; Graphische Dynamik, Übungen, 1; Die Theorie des Schiffes, 1. — **Heer**: Plan- und Geländezeichnen, 4; Geodätische Übungen, 4. — **v. Hammer**: Ausarbeitung geodätischer Aufnahmen, 2; Praktische Geometrie: Vermessungskunde, I, 3, Übungen, 6; Grundzüge der höheren Geodäsie, 2; Barometrische Höhenmessung, 1; Kartenprojektionen für kartographische und geodätische Zwecke, 1, Übungen, 1. —

Universität Tübingen.

Paschen: Experimentalphysik: Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrizität, 5; Physikalische Übungen, für Anfänger, 4, für Fortgeschrittene, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Untersuchungen, ganztägig. —

Wislicenus: Allgemeine Chemie I: Anorganische Chemie, 5, Ergänzungen, 1; Praktische Übungen im chemischen Laboratorium für Anfänger und Fortgeschrittene, tägl.: a) Analytisch-chemisches Praktikum (mit Bülow und Weinland), b) Chemisch-pharmazeutisches Praktikum (mit Weinland), c) Präparative Arbeiten (mit Kliegl), d) Physikalisch-chemische Übungen (mit Magnus), e) Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten (mit Bülow, Weinland, Kliegl, Magnus). — **Thierfelder**: Organische Chemie für Mediziner, 4; Praktisch-chemische Übungen für Anfänger I: Qualitative Analyse, 6, II: Quantitative Analyse und physiologisch-chemische Übungen, 6; Physiologisch-chemisches Praktikum, 2; Physiologisch-chemische Arbeiten für Geübtere, tägl. — **Bülow**: Analytische Chemie I mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Arbeiten im Chemischen Laboratorium, 3; Die Chemie in ihren Beziehungen zum Kriege, 1. — **Weinland**: Chemie der Arzneistoffe, anorganischer Teil, 2; Maßanalyse, 1; Chemie der Nahrungsmittel, 1; Nachweis von Giften für gerichtliche Zwecke, 1; Vergleichung der Elemente an der Hand des periodischen Systems, 1. — **Magnus**: Präparative Elektrochemie, 1. — **Brigl**: Chemische Zusammensetzung einiger Naturfarbstoffe, 1. — **Krais**: Die Stoffe und Waren des Welthandels, ihre Natur, Gewinnung und wirtschaftliche Bedeutung, 2. —

v. Brill: Einführung in die höhere Mathematik, 4; Theorie der algebraischen Kurven, 3; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **Maurer**: Höhere Algebra, 2; Höhere Analysis II, 4; Übungen im mathematischen Seminar, 2. — **König**: Niedere Analysis, 4; Elliptische Funktionen, 2; Übungen im mathematischen Seminar, 1. — **Happel**: Darstellende Geometrie II, 2, Übungen, 14tägig, 2; Sphärische Trigonometrie mit Anwendungen, 2, Übungen, 1. — **Rosenberg**: Populäre Astronomie, 2. —

Universität Wien.

Lecher: Experimentalphysik für Mediziner und Lehramtskandidaten, 5; Demonstrationspraktikum, 1; Physikalische Demonstrationen für Mittelschulen (Physikalisches Praktikum), 6; Anleitung für wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Franz Exner**: Experimentalphysik, 5; Physikalisches Praktikum für Lehramtskandidaten, Chemiker und Naturhistoriker, 6; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl. — **Meyer**: Radioaktivität, 3; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Ehrenhaft), 1 *g*. — **Ehrenhaft**: Grundzüge der Mechanik und kinetischen Theorie der Materie, 5; Die Frage der Konstitution der Elektrizität, 1. — **Haschek**: Interferenz- und Beugungserscheinungen, 2. — **Mache**: Theorie der spezifischen Wärme, 1. — **Hess**: Besprechung neuer luftelektrischer Arbeiten, 1. — **Kohlrausch**: Röntgen- und γ-Strahlen, 1. — **Sirk**: Einführung in die kinetische Gastheorie, 2, Übungen, 1. — **Thirring**: Kristallphysik, 3. — **Flamm**: Relativitätstheorie (spezielle und verallgemeinerte), 2. — **Felix Exner**: Allgemeine Meteorologie, 3. — **Defant**: Thermodynamik der Atmosphäre, 1. — **Hinterberger**: Photographisches Praktikum, 12; Praktischer Kurs über Mikrophotographie, 20. —

Wegscheider: Chemische Übungen für Philosophen, tägl. außer Sonnabend; Übungen in der chemischen Analyse für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend; Arbeiten im I. chemischen Laboratorium für Vorgeschrittene, tägl. — **Schlenk**: Experimentalchemie I: Anorganische Chemie für Philosophen, Mediziner und Pharmazeuten, 5; Chemische Übungen für Anfänger und Vorgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, für Mediziner, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen chemischen Untersuchungen, tägl. außer Sonnabend; Ausgewählte Abschnitte aus der neueren organisch-chemischen Literatur, 1. — **Herzig**: Chemie der Benzolderivate, 5; Übungen aus pharmazeutischer Chemie für Pharmazeuten, tägl. außer Sonnabend. — **Pollak**: Chemische Technologie: Organische Farbstoffe und ihre Anwendung, 3. — **Franke**: Anleitung zur Ausführung chemisch-wissenschaftlicher Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Analytische Chemie, I, 2; Übungen in der Aus-

führung chemischer Schulversuche, 2. — **Schacherl**: Ausgewählte Kapitel der Chemie und Technologie der Nahrungsmittel, 2. — **Vortmann**: Übungen in gerichtlich-chemischer Analyse für Kandidaten der Lebensmittel-expertise, 3 halbe Tage. — **M. Kohn**: Die synthetischen Methoden der organischen Chemie, 1. — **Abel**: Chemische Thermodynamik, 2. — **Zerner**: Kohlehydrate, 1. —

v. Escherich: Differential- und Integralrechnung, 5, Übungen (mit Groß), 1; Proseminar für Mathematik, 1 *g*; Seminar für Mathematik, 2 *g*; Elementarmathematik, 1 *g*. — **Wirtinger**: Funktionentheorie, 5; Elementarmathematik mit Übungen, 1 *g*; Mathematisches Seminar, 2 *g*; Mathematisches Proseminar, 1 *g*. — **Furtwängler**: Algebra, 5; Elementarmathematik, 1 *g*; Proseminar, 1 *g*; Seminar, 2 *g*. — **G. Kohn**: Analytische Geometrie, 4, Übungen, 1 *g*; Differentialgeometrie II, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I: Private und öffentliche Versicherung, 4. — **Blaschke**: Die Mathematik der öffentlichen Versicherung, 3; Mathematische Statistik I, 3. — **Hanni**: Eulersche Integrale, 2. — **v. Schrutka**: Vektorenrechnung mit Anwendungen auf Geometrie und Physik, 3. — **Roth**: Nichteuklidische Geometrie, 2. — **Groß**: Kurs am mathematischen Seminar: Darstellende Geometrie, 3 *g*; Invariantentheorie, 3. — **Radon**: Kugelfunktionen, 2. — **v. Hepperger**: Bahnbestimmung von Doppelsternen, 2; Bestimmung des Radiationspunktes und der Bahn eines Sternschnuppenschwarmes, 2. — **Oppenheim**: Mechanik des Himmels, neuere Methoden, 3: Das allgemeine Rotationsproblem in der Astronomie, 2. — **Schram**: Kalendariographie und Zeitrechnung verschiedener Völker, mit Rücksicht auf Historiker, 1. —

Technische Hochschule Wien.

Jäger: Physik für Bauingenieure, 3; Ausgewählte Kapitel der Physik, 2; Optik, für Geodäten, 2. — **Mache**: Physik für Maschinenbauer und technische Chemiker: Wärmelehre, Optik und Akustik, Elektrizitätslehre, 5. — **Flamm**: Die Feinstruktur der Materie, 1. — **Liznar**: Meteorologie und die wichtigsten Lehren der Klimatologie für Ingenieure, 2. — **Reithoffer**: Enzyklopädie der Elektrotechnik, 2; Elektrische Schwingungen und Wellen, 2. — **Sahulka**: Elektrotechnik, Praktische Übungen I (mit Reithoffer), 4. — **Stehr**: Dynamobau, $5^1/_2$, Konstruktionsübungen, 6. — **R. Moser**: Kommutatormotoren für Ein- und Mehrphasen-Wechselstrom, 2. — **N. N.**: Elektrotechnik: Praktische Übungen II, 4. — **Hochenegg**: Elektrische Arbeitsübertragung, mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Bahnen, 3; Bau und Betrieb elektrischer Anlagen einschließlich Stromverteilung, 2, Übungen, 4. — **Jüllig**: Elektrische Telegraphie und Eisenbahn-Signalwesen, 2. — **Zelisko**: Die Fernsprechtechnik, 2; Die Telegraphentechnik, 1. —

Bamberger: Allgemeine Experimentalchemie I: Anorganische Chemie, 6; Übungen im Laboratorium der allgemeinen Experimentalchemie, tägl. — **Suida**: Allgemeine Experimentalchemie II: Organische Chemie II (Die wichtigsten Kapitel aus der Chemie der aromatischen Verbindungen), 4; Chemische Technologie organischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend. — **Vortmann**: Analytische Chemie, 4, Übungen, tägl. — **L. Moser**: Qualitative chemische Analyse, 2; Repetitorium der anorganischen Experimentalchemie, 2. — **Ulzer**: Technische Analyse organischer Stoffe, 2. — **Weißenberger**: Anorganisch-technische Arbeitsmethoden, 1, Übungen, 2. — **v. Jüptner**: Theoretische und physikalische Chemie II, 2, Übungen, 4; Chemische Technologie anorganischer Stoffe, 5, Übungen, tägl. außer Sonnabend; Technische Feuerungen, 5. — **Praetorius**: Physikalisch-chemisches Messen und Rechnen, 1. — **Kossowicz**: Mykologie der Nahrungsmittelgewerbe, 1. — **Böck**: Chemie der synthetischen organischen Arzneimittel, 2. — **Klimont**: Chemie der hydroaromatischen Verbindungen und Terpene, 2. — **Paweck**: Technische Elektrochemie, 3. — **Eder**: Photochemie und angewandte Photographie mit besonderer Berücksichtigung der Zwecke des Technikers, 1; Photographisches Praktikum, 4. — **Abel**: Phasenlehre, 2. — **Strache**: Beleuchtungsindustrie, 2; Übungen im Laboratorium der Versuchsanstalt für Gasbeleuchtung, Brennstoffe und Feuerungsanlagen, 4. — **Oettinger**: Fette, Öle und Wachse, $1^1/_2$. — **Erban**: Chemische Textilindustrie I, 2. — **Ruß**: Neuere Verfahren der anorganisch-chemischen Großindustrie, $1^1/_2$. —

Zsigmondy: Mathematik I, 5, Korrepetitionen, 2. — **Rothe**: Mathematik I, 5; Mathematische Einführung in die analytische Mechanik, 2. — **Czuber**: Mathematik II, 4; Wahrscheinlichkeitsrechnung, 3. — **Radon**: Elemente der höheren Mathematik, 4; Enzyklopädie der Mathematik, 3; Einführung in die Funktionentheorie: Analysis der komplexen Veränderlichen, 2. — **Tauber**: Versicherungsmathematik I, 4, II, 2. — **Förster**: Politische Arithmetik, 2. — **Blaschke**: Einführung in die mathematische Statistik, 3; Mathematik der öffentlichen Versicherung, 3. — **Müller**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen, 5, Konstruktionsübungen, 6; Zyklographie, 2, Konstruktionsübungen, 2; Seminar für darstellende Geometrie, 2. — **Schmid**: Darstellende Geometrie und konstruktives Zeichnen 4, Konstruktionsübungen, 6; Projektive Geometrie I, 3, Konstruktionsübungen, 2. — **Danzer**: Geometrische Konstruktionen, 2. — **Wieghardt**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 6, Übungen, $1^1/_2$. — **Jung**: Mechanik I: Mechanik der starren und flüssigen Körper, 5, Übungen, 2. — **Kirsch**: Mechanik II: Elastizitäts- und Festigkeitslehre, 5, Übungen, 2. — **Girtler**: Enzyklopädie der Mechanik, 5. — **Fillunger**: Analytische Mechanik des elastischen festen Körpers, $1^1/_2$. — **Wolf**: Einführung in die theoretische Elastizitätslehre, 2. — **Leon**: Die Kerbfrage in Theorie und Praxis, 1; Ausgewählte Kapitel der Festigkeitslehre und Materialprüfung, $1^1/_2$. — **Pollack**: Elemente der niederen Geodäsie, 4. — **Dolezal**: Niedere Geodäsie, 6, Übungen I: Instrumental- und Vermessungsübungen, 3, Ausgewählte Kapitel der Niederen Geodäsie, $1^1/_2$; Geodätisches Seminar, 2; Photographische Meßkunst: Photogrammetrie, $1^1/_2$, Übungen, 2. — **Dokulil**: Übungen zur Niederen Geodäsie II: Kartierungsübungen, 3, für Geodäten: Zimmerübungen, 5; Trigonometrische Triangulierung und Höhenmessung, 5 Tage; Geodätisches Zeichnen: Situationszeichnen, 4; Technik des Katasterwesens, 2, Übungen, $2^1/_2$. — **Schumann**: Höhere Geodäsie, 2; Ausgewählte Kapitel aus Höherer Geodäsie, 1; Übungen im Beobachten und Rechnen, 3. —

Universität Würzburg.

Wien: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, Magnetismus, Elektrostatik, 5; Praktische Übungen, 4 und 8, für Pharmazeuten, Mediziner und Zahnärzte, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. —

N. N.: Experimentalchemie I: Unorganische Chemie, 5; Analytisch-chemisches Praktikum (mit Emmert), tägl. außer Sonnabend; Chemisches Praktikum für Mediziner und Zahnärzte (mit Emmert), 6; Vollpraktikum für präparative Arbeiten, tägl.; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen (mit Emmert und v. Halban), tägl.; Kolloquium (mit Emmert und v. Halban), 14tägig, $1^1/_2$ *g*. — **Heiduschka**: Chemische Technologie II, 4; Pharmazeutische Präparatenkunde I: Anorganische und galenische Präparate, 3; Nahrungsmittelchemie II, mit Exkursionen, 2; Gerichtliche Chemie I: Toxikologische Chemie, 2; Harnanalyse, mit Übungen, 2; Chemisches Praktikum: Praktische Übungen in allen Richtungen der angewandten Chemie, einschließlich technisch-chemischer, gerichtlich-chemischer und nahrungsmittel-chemischer Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum: Praktische Übungen einschließlich der Übungen in den für den Apotheker wichtigen Sterilisationsverfahren, tägl. außer Sonnabend. — **Pauly**: Benzolchemie, 2; Anleitung zu selbständigen Untersuchungen, tägl. — **Emmert**: Analytische Chemie: Experimentalvorlesung zur Ergänzung des analytisch-chemischen Praktikums, 3. —

Rost: Differentialrechnung mit Einleitung in die

höhere Analysis, 4, Übungen, 2 *g*; Analytische Mechanik I, 4. — **v. Weber**: Analytische Geometrie der Ebene, 4, Übungen, 1 *g*; Funktionentheorie, 4. — **Hilb**: Ausgewählte Kapitel aus der Stereometrie und Trigonometrie, 4. —

Universität Zürich.

Meyer: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5; Ausgewählte Kapitel der Physik, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, $3^1/_2$, für Vorgerücktere, halbtägig, tägl. außer Sonnabend; Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium, *g*; Die physikalischen Grundlagen der Musik, mit Experimenten, 1. — **Greinacher**: Radiologie I: Die elektrischen Ströme in Gasen, mit Experimenten, 1; Radiologisches Praktikum für Naturwissenschaftler und Mediziner, 4. — **Ratnowsky**: Theoretische Physik I: Mechanik I, 4, Übungen, 1; Elektronentheorie, 1. — **Wolfke**: Über den inneren Bau der Atome (ohne höhere Mathematik), 1; Einführung in die kinetische Theorie der Gase, 2. —

Werner: Anorganische Experimentalchemie, 5; Chemisch-analytisches Praktikum für Chemiker, tägl.; Chemisches Praktikum für Vorgerücktere: Präparative Arbeiten, Ausführung selbständiger Arbeiten, tägl.; Chemisches Halbpraktikum für Naturwissenschaftler, halbtägig. — **Abeljanz**: Qualitative chemische Analyse, 2; Anleitung zu chemischen Arbeiten im Laboratorium für Mediziner, 1; Chemisches Kolloquium, 1 *g*; Chemisches Praktikum für Mediziner und Veterinäre, 3 Tage, für Naturwissenschaftler, 3 Tage, für Lehramtskandidaten, 6; Übungen im Untersuchen von Nahrungs- und Genußmitteln, 4. — **Dubsky**: Aromatische Chemie I, 3, III: Speziell Farbstoffe, 1; Heterozyklische Verbindungen, speziell Alkaloide, 2. — **Lifschitz**: Physikalische Chemie III: Phasenregel und Verteilungssatz, 2; Kolloidchemie, 2; Neuere Theorien der organischen Chemie, 1. —

Fueter: Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 4, Übungen, 1; Funktionentheorie, 4; Mathematisches Seminar (mit Speiser), 1. — **Speiser**: Differential- und Integralrechnung I, 4, Übungen, 1; Synthetische Geometrie, 3; Integralbegriff, 1. — **Bernays**: Theorie der trigonometrischen Reihen, 3. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Technische Hochschule Zürich.

Weiß: Physik, 4, Repetitorium, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schweitzer), 4 und 8; Wissenschaftliche Arbeiten im physikalischen Institut, 8, 12, 24. — **Schweitzer**: Physik I, 3, Repetitorium, 1; Optik, 2; Experimentalphysik II, 4, Repetitorium, 1. — **Wolfke**: Einführung in die kinetische Theorie der Gase, 2; Über den inneren Bau der Atome, 1. — **Piccard**: Magnetismus, 1 *g*. — **Brentano**: Neuere Strahlungen, speziell Röntgenstrahlen, 1; Einführung in neuere Anschauungen der Elektrizitätslehre, 1. — **Barbieri**: Photographie I, 2 *g*; Photographisches Praktikum, 2; Militärphotographische Übungen, 3. — **Kuhlmann**: Theoretische Elektrotechnik II, 4, Repetitorium, 1; Elektrotechnisches Laboratorium Ia, 8, IIb, 4 und 8; Theoretische Elektrotechnik IV, 4; Elektrotechnische Konstruktionsübungen: Wechselstrom, 6. — **Tobler**: Elektrische Signalapparate für Eisenbahnen, 2; Schwachstromtechnik I, 1. — **Farny**: Elektrische Maschinen I: Gleichstrom, 3 *g*, Repetitorium, 1; Wechselstrom-Kommutatormotoren, 2 *g*. — **Korda**: Drahtlose Telegraphie und Hochfrequenzmaschinen, 1; Die Elektrizität im Kriege: Kriegselektrotechnik, 1. — **Wyßling**: Elektrische Anlagen I, 3, Übungen, 3. — **Wirz**: Elektrische Tarifapparate: Theorie und Konstruktion der Registrierinstrumente und Zähler für Gleich-, Wechsel- und Drehstrom, 1—2. —

Winterstein: Anorganische Chemie, 3, Repetitorium, 1; Chemie der Alkaloide und ihre Wirkungen, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, 3, 16, für Vorgerücktere, tägl.; Anleitung zu den Übungen, 1; Physiologisch-chemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **F. P. Treadwell**: Analytische Chemie I, 2, Repetitorium, 1; Gasanalyse, mit Übungen, 1; Chemie, 2, Repetitorium, 1; Analytisches Praktikum, 20, 16, 10, für Vorgerücktere tägl.; Chemisches Praktikum, 24. — **Baur**: Physikalische Chemie II, 2, Repetitorium, 1; Allgemeine Elektrochemie, 2, Repetitorium, 1; Physikalisch-chemisches Praktikum, 8; Elektrochemisches Praktikum, 4, für Elektrochemiker, 8; Physikalisch-chemisches und elektrochemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl. — **Bosshard**: Anorganische chemische Technologie I: Wasser, Salze, Säuren, 4, Repetitorium, 1; Chemische Technologie der Wärme und der Brennstoffe, 2, Repetitorium, 1; Metallurgie, 2, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24, für Vorgerücktere tägl. — **Eder**: Pharmakognosie I, 2; Pharmazeutische Chemie I, 3; Lebensmittelanalyse, 1, Übungen, 3; Technische Mikroskopierübungen II: Genußmittel und Gewürze, 3; Pharmazeutisch-chemisches Praktikum, 12; Pharmakognostisch-mikroskopischer Kurs, 3; Pharmakognostische und pharmazeutisch-chemische Arbeiten für Vorgerücktere, tägl.; Synthetische Arzneimittel, 1. — **Fierz**: Organische Technologie I: Gespinstfasern, Bleicherei, Färberei, 3, Repetitorium, 1, II: Teerprodukte, Fette, Öle, natürliche Kohlenwasserstoffe, 1, Repetitorium, 1; Technisch-chemisches Praktikum, 16, 24; Chemisches Laboratorium für Vorgerücktere, tägl.; Farbenchemisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl. — **Mißlin**: Technologie der Azofarbstoffe mit Berücksichtigung der Zwischenprodukte, 1 *g*. — **Ott**: Die Leuchtgasindustrie, 1 *g*. — **Ruegger**: Transportmaschinen und Transportanlagen für chemisch-technische Betriebe, 1 *g*. — **Staudinger**: Anorganische Chemie, 6, Repetitorium, 1; Organische Chemie, spezieller Teil I, 2, Repetitorium, 1; Chemisches Praktikum, 24, 10, 16, für Vorgerücktere, tägl. — **W. D. Treadwell**: Ausgewählte Kapitel der neueren Atomistik, 1. — **Wiegner**: Agrikulturchemie: Bodenkunde und allgemeine Düngerlehre, 3; Landwirtschaftlich-chemische Technologie: Zucker- und Spiritusfabrikation, 2; Chemie der Milch und Milchprodukte, 1; Anleitung zu den Übungen im agrikulturchemischen Laboratorium, 1; Agrikulturchemisches Praktikum, 8, 16, für Vorgerücktere tägl.; Kolloidchemie, 2; Chemie der Futtermittel II, 1. —

Hurwitz: Algebraische Gleichungen, 4; Mathematisches Seminar (mit Weyl), 2. — **Amberg**: Mathematik der Personenversicherung, 2 *g*; Mathematische Probleme der Sozialversicherung, 1 *g*. — **Baeschlin**: Vermessungskunde I und II, 6, Repetitorium, 1, III, 3; Ausgewählte Kapitel aus der Vermessungskunde, 3, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Geodätisches Praktikum, 2; Höhere Geodäsie, 3, Repetitorium, 1; Diplomarbeiten. — **Beyel**: Rechenschieber mit Übungen, 1; Darstellende Geometrie, 2; Projektive Geometrie, 1. — **Brandenberger**: Einführung in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht I, 2 *g*. — **Burger**: Graphische Vervielfältigung, 2 *g*. — **Franel**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Gonseth**: Birationale Transformationen, 2; Graphisches Rechnen II, 1. — **Großmann**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Analytische Geometrie, 2, Übungen, 2. — **Hirsch**: Höhere Mathematik I, 6, Repetitorium, 1, Übungen, 2, III, 3, Übungen, 1. — **Keller**: Mathematik, 4 *g*; Ebene und räumliche kollineare Systeme mit Anwendung auf Kurven und Flächen II. Grades (konstruktiv), 2. — **Kienast**: Besselsche Funktionen, 2. — **Kollros**: Darstellende Geometrie, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 4; Geometrie der Lage, 3, Übungen, 1. — **Kraft**: Die Grundkräfte der Welt, 1; Geometrische Analysis, 3; Mechanik der deformierbaren Systems mittelst der geometrischen Analysis, 3. — **Meißner**: Mechanik II, 4, Repetitorium, 1, Übungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Mechanik, 2. — **Polya**: Wahrscheinlichkeits- und Ausgleichungsrechnung, 2 *g*; Mathematische Spiele, 1 *g*. — **Rudio**: Höhere Mathematik, 5, Übungen, 2. — **Weyl**: Ausgewählte Kapitel der Geometrie, 4; Logische Grundlagen der Mathematik, 1. — **Wolfer**: Einleitung in die Astronomie, 3, Übungen, 2; Theorie der Finsternisse, 2. —

Für die Schriftleitung verantwortlich Geh. Regierungsrat Prof. Dr. H. Th. Simon in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.